Ю.Г.Щукин Б.Н.Кутузов
Б.В.Моцеевич Ю.А.Татищев

ПРОМЫШЛЕННЫЕ ВЗРЫВЧАТЫЕ ВЕЩЕСТВА НА ОСНОВЕ УТИЛИЗИРОВАННЫХ БОЕПРИПАСОВ

Ю.Г.Щукин Б.Н.Кутузов
Б.В.Мацеевич Ю.А.Татищев

ПРОМЫШЛЕННЫЕ ВЗРЫВЧАТЫЕ ВЕЩЕСТВА НА ОСНОВЕ УТИЛИЗИРОВАННЫХ БОЕПРИПАСОВ

Допущено Учебно-методическим объединением вузов Российской Федерации по горному образованию в качестве учебного пособия для студентов, обучающихся по направлению "Горное дело" и на специальностях группы "Разработка месторождений полезных ископаемых"

Москва ОАО "Издательство"Недра" 1998

УДК 662.4
ББК 33.1
Щ 95

Рецензенты: докт. техн. наук, проф. В.И. Комащенко (МГГА); докт. техн. наук С.Д. Викторов (ИПКОН РАН)

Щукин Ю.Г., Кутузов Б.Н., Мацеевич Б.В., Татищев Ю.А.

Щ 95 Промышленные взрывчатые вещества на основе утилизированных боеприпасов/Под общей ред. Ю.Г. Щукина: Учебное пособие для вузов. — М.: Недра, 1998. — 319 с.: ил.

ISBN 5-247-03754-5

Рассмотрены современное состояние утилизации, методы и особенности расснаряжения боеприпасов, номенклатура взрывчатых материалов, получаемых при промышленной переработке боеприпасов, и их характеристики, а также вопросы их безопасного применения в народном хозяйстве и технико-экономической эффективности. Значительное внимание уделено технике и технологии производства взрывных работ с использованием утилизированных взрывчатых материалов с учетом опыта взрывных работ в промышленности. Изложены перспективы применения конверсионных взрывчатых материалов из утилизированных боеприпасов

Для студентов и преподавателей горных специальностей, а также может быть полезна для специалистов, занимающихся взрывными работами в различных отраслях промышленности и работников научно-исследовательских организаций

ISBN 5-247-03754-5

© Ю.Г. Щукин, Б.Н. Кутузов, Б.В. Мацеевич, Ю.А. Татищев, 1998
© Оформление. ОАО "Издательство "Недра", 1998

ПРЕДИСЛОВИЕ

Широкое применение взрывных технологий в различных отраслях народного хозяйства (горной промышленности, строительстве, машиностроении, металлообработке и др.) дает огромный экономический эффект.

Несмотря на временные трудности производства продукции, разрыв экономических связей и т.д., в стране расход промышленных взрывчатых материалов, особенно в горном деле, остается достаточно стабильным. При этом дефицит в водоустойчивых взрывчатых веществах еще сохраняется.

Одновременно растут запасы боеприпасов на арсеналах и базах Министерства обороны РФ, а сроки хранения многих из них из-за технического и физико-химического старения истекли. Скопились десятки тысяч вагонов боеприпасов, технически непригодных или запрещенных к боевому применению. Вооруженным силам по принятой новой военной доктрине, предусматривающей только необходимую оборонную оснащенность, уже не требуются огромные запасы боеприпасов, накопленные в предыдущие годы. Поэтому весьма актуальной стала проблема утилизации боеприпасов с использованием их в народном хозяйстве.

Таким образом, назрела необходимость подходить к этой проблеме с позиций применения взрывчатых элементов, извлеченных из боеприпасов, в качестве промышленных взрывчатых материалов. Это позволит сократить дефицит в водостойких промышленных ВВ, а также уменьшить запасы устаревших боеприпасов, опасных для дальнейшего хранения и экологически вредных для уничтожения.

Анализ подлежащих в ближайшие 2—3 года утилизации боеприпасов показывает, что они содержат примерно, тыс. т: 70 — плавких ВВ: тротила, тротил-алюминия (ТА), тротил-динитронафталина (ТД); 20 — плавких ВВ; тротил-гексогена, тротил-гексоген-алюминия; 7 — неплавких ВВ-А-IX-1 (флегматизированный гексоген) и А-IX-2 (смесь флегматизированного гексогена с алюминием); 3 — прочих ВВ (жидкие, пластичные, октогенсодержащие и др.). Всего около 100 тыс. т.

Ряд организаций, НИИ "Росконверсвзрывцентр", КНИИМ, ФЦДТ "Союз", АО "Союзвзрывпром" и другие в течение нескольких лет вели работы по применению списанных или устаревших элементов боеприпасов без их переработки в заводских условиях.

Положительные результаты промышленного применения взрывчатых материалов из утилизированных боеприпасов, все увеличивающийся объем утилизации боеприпасов различного назначения (авиационных, артиллерийских, инженерных и др.) позволили обобщить накопленный отечественный и зарубежный опыт, технически осмыслить его и представить в данной книге. Авторы стремились осветить только основные вопросы, связанные с утилизацией (конверсией) боеприпасов различного назначения и не претендуют на энциклопедичность содержания книги по этой проблеме.

Авторы выражают признательность Президенту ОАО "Нитро—Взрыв" Л.В. Корнеевой за содействие в выполнении работ, описанных в книге, а также за рекомендации по подготовке книги к изданию.

Авторы представляли сложность задачи создания предлагаемой вниманию читателей книги, а потому с благодарностью примут замечания и пожелания, которые будут высказаны специалистами по ее содержанию, чтобы учесть их при переиздании.

1. СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ, ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ И ПОЛИТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СПИСАННЫХ БОЕПРИПАСОВ

1.1. ВЗРЫВО- И ПОЖАРООПАСНОСТЬ УТИЛИЗИРУЕМЫХ БОЕПРИПАСОВ

Боеприпасы после их изготовления на предприятиях промышленности и проведения различных испытаний закладываются на хранение на складах, базах и арсеналах МО РФ. При этом назначается гарантийный срок хранения (ГСХ), в течение которого обеспечивается сохранность их технических характеристик и боевых свойств. В процессе хранения осуществляются контроль качественного состояния и регламентные работы, в том числе ремонт боеприпасов, связанный с удалением коррозии с металлических деталей корпусов, заменой смазки, а также ремонт деревянной укупорки и др.

Опыт хранения боеприпасов показывает, что их чувствительность к внешним воздействиям со временем повышается, что связано с изменением свойств взрывчатых веществ (ВВ), которыми снаряжены боеприпасы. Несмотря на лакокрасочные покрытия поверхностей корпусов, соприкасающихся с зарядом ВВ, с течением времени могут происходить взаимодействие ВВ с материалом корпуса боеприпасов и образование более чувствительных по сравнению с исходным ВВ соединений, что повышает опасность дальнейшего хранения боеприпасов.

Хрестоматийным примером взаимодействия взрывчатых веществ, в частности пикриновой кислоты с металлами, особенно с железом и свинцом, является образо-

вание чувствительных к механическим воздействиям пикратов.

Тротил при взаимодействии с щелочью образует очень чувствительное ВВ: на чувствительность тротила влияет аммиак (NH_3) в газообразном состоянии, поэтому снаряжение аммотолом боеприпасов заблаговременно нецелесообразно.

Азид свинца, взаимодействуя с медью, также образует очень чувствительное ВВ, поэтому медные оболочки для изготовления детонаторов с азидом свинца не применяют. Недопустим непосредственный контакт азида свинца с гремучей ртутью, так как при этом происходит образование весьма чувствительного ВВ HgN_6 по реакции

$$PbN_6 + Hg(ONC)_2 \rightleftarrows Pb\,(ONC)_2 + HgN_6.$$

Гремучая ртуть разъедает алюминий. Существуют и другие сочетания, которые недопустимы при изготовлении и хранении боеприпасов. Чувствительность к внешним воздействиям во многом зависит от стойкости ВВ, которая, в свою очередь, зависит от его химической природы, наличия примесей и условий хранения. Так, нитросоединения значительно устойчивее, чем нитраты. Атомы кислорода в нитратах ослабляют химические связи групп ONO_2 с углеродом С.

Уменьшают стойкость ВВ продукты его разложения (NO, NO_2), кислоты и щелочи.

Стойкость ВВ определяется опытным путем. Так, например, нитроглицериновые пороха, а также динамит подвергают йодокрахмальной пробе при повышенной температуре. За меру стойкости принимают время от начала испытаний до начала разложения (появления коричневой полоски на лакмусовой бумажке). Норма для нитроглицериновых порохов 15 мин, для динамита 10.

Пороха подвергают также лакмусовой пробе. Навеску 10 г помещают в стакан вместе с лакмусовой бумажкой (синей). Стакан ставится на вращающуюся этажерку термостата, в котором поддерживается постоянная температура 106,5 °С. Мерой стойкости является время от начала испытаний до покраснения лакмусовой бумажки. Нормой стойкости считается время 6—7 ч во всех десяти последовательных пробах.

Порохами и другими ВВ, которые не выдержали испытания, снаряжать боеприпасы и закладывать их на хранение запрещено. Исключение составляли только изготовлявшиеся в военное время, длительное хранение которых не предполагалось. Оставшиеся после войн такие боеприпасы требовали постоянного контроля и испытаний, и они в конечном счете уничтожались.

Изменение физико-химических свойств ВВ в процессе хранения может существенно повлиять на сроки хранения боеприпасов.

В процессе старения изделий в течение гарантийного срока хранения (ГСХ) происходят накопление продуктов распада, их взаимодействие с лакокрасочным покрытием (ЛКП) и конструкционным материалом. Глубина превращения зависит как от условий и времени хранения, так и от конструктивных особенностей изделий. Нарушение технологии производства ВВ, повышение в основном продукте примесей кислот и щелочей даже на доли процента могут существенно изменять характеристики снаряжения боеприпасов, повышать взрывопожароопасность при их длительном хранении.

Вместе с тем теория длительного хранения боеприпасов до сих пор в достаточной степени не разработана. Не установлена количественная связь между химической стойкостью ВВ и гарантийным сроком хранения боеприпасов. Поэтому на практике сроки хранения устанавливают эмпирически по результатам контрольных испытаний, в процессе которых определяются сохранность боеприпасов и их боевые свойства. Принятые в настоящее время сроки хранения, после которых боеприпасы подлежат списанию, во многом занижены, назначены с гарантированной осторожностью. Между тем некоторые боеприпасы, снаряженные тротилом и применявшиеся во второй, а иногда и в первой мировой войне, сохранили свои взрывчатые свойства, несмотря на коррозию, а иногда и разрушение корпуса. Об этом свидетельствует опыт сплошного разминирования территорий, на которых шли боевые действия или которые подвергались бомбардировкам и артобстрелу.

Наибольшие успехи в обосновании ГСХ достигнуты применительно к изделиям из порохов и твердых топлив. Гарантийный срок хранения этих изделий существенно за-

висит от интенсивности процесса их старения. По-видимому, главными причинами изменения свойств композиционных материалов (КМ) и твердых топлив (ТТ) являются не только разрушение химических связей в полимере, но и ряд физико-химических процессов, протекающих в ходе эксплуатации изделий.

К физическим процессам относятся упорядочение полимерной массы, массопереносные процессы, парообразование в результате газовыделения в компонентах материала и другие.

Появление в аморфной высокомолекулярной матрице материала надмолекулярных кристаллических образований относится к процессу старения. Возникновение поверхности раздела между аморфной и кристаллической структурами с другими механическими свойствами вызывает изменение свойств материала.

Диффузия жидких компонентов и газообразных веществ в КМ и ТТ вследствие недостаточной термодинамической совместимости их компонентов или соприкасающихся с ними элементов конструкций также ускоряет процессы старения.

Основное место в проблеме старения материалов, надежности и сроков службы изделий из КМ и ТТ занимает влага. Наличие влаги в материалах может стать причиной возникновения химических гидролитических реакций воды с компонентами материала, физико-химических процессов изменения адгезии (сцепления поверхности) компонентов или чисто физических процессов, например разрушения структуры материала при замерзании воды.

При тепловом старении в простейшем случае происходит термическая деструкция матрицы полимера.

Влияние перечисленных выше факторов, воздействующих на процесс старения материалов, можно в общем виде представить в виде функции в многомерном пространстве. Мгновенные свойства материалов соответствуют точке в многомерном пространстве свойств, в котором каждая из координат вектора соответствует какому-либо определенному свойству. Эта точка характеризуется вектором, а его проекции на оси — количественным свойством материала. Эксплуатационная пригодность материала соответствует некоторой области в многомерном пространстве. Время на-

хождения вектора в указанной области и является сроком пригодности изделия (материала) для эксплуатации в расчетном режиме.

Решение такой задачи в общем виде в настоящее время не представляется возможным, поэтому для прогнозирования сроков пригодности используют результаты ускоренных испытаний. Методика ускоренных испытаний предусматривает режимы, при которых изменения свойств материала одинаковы как при эксплуатации, так и при ускоренных испытаниях. Вместе с тем ускоренные испытания по тепловому старению, массопереносу, по воздействию напряженно-деформированного состояния и одновременное соблюдение необходимых режимов затруднительно, а иногда и невозможно. На практике по результатам испытаний устанавливают весовые коэффициенты указанных выше факторов, выбирают основной, и по нему определяют гарантийный срок хранения и срок службы изделий, исходя из допустимой вероятности сохранения надежности изделия.

Изложенное выше свидетельствует о том, что при утилизации списанных боеприпасов, с одной стороны, необходимо соблюдать повышенные меры безопасности, а с другой — подтверждается возможность их применения для ведения взрывных работ в народном хозяйстве.

Следует отметить еще один аспект длительного хранения боеприпасов, связанный с повышением взрывчато- и пожароопасности. В последние годы, начиная с конца 70-х и начала 80-х годов, производство боеприпасов ежегодно значительно возрастало.

На складах и базах ограниченные емкости хранилищ не позволяли соблюдать требуемые условия хранения, поэтому допускалось, например, боеприпасы держать на открытых площадках в штабелях под навесом или брезентом. Такое временное хранение часто становилось постоянным, прибывающие новые партии боеприпасов переполняли территории складов. Для строительства новых хранилищ с соблюдением безопасных расстояний требовались новые площади и территории. Строительство на тех же площадях заглубленных или подземных хранилищ боеприпасов было связано с большими материальными затратами, поэтому новые хранилища строились недостаточными темпами. В этих условиях на открытые

площадки для дальнейшего хранения перевозились боеприпасы с истекшими сроками хранения и, следовательно, с повышенной взрывопожароопасностью. Участились взрывы и пожары на складах боеприпасов. Всего за период 1977–1995 гг. на складах и базах боеприпасов произошло более 40 крупных пожаров, уничтожено около 10 тыс. вагонов боеприпасов, или около 200 тыс. т ВВ. Материальный ущерб составил более 35 млрд. руб.

Штатный личный состав складов, их охрана, в том числе противопожарная, зачастую не могли поддерживать необходимый режим хранения. Создалась проблема, решить которую можно было только путем сокращения запасов боеприпасов. Поставки дружественным армиям и продажа боеприпасов третьим странам резко сократились или прекратились совсем. Новая оборонительная доктрина, сокращение Вооруженных сил, и в том числе обычных вооружений, также привели к необходимости сокращения запасов боеприпасов. Этому способствовало также и моральное старение боеприпасов.

1.2. ХРАНЕНИЕ СПИСАННЫХ БОЕПРИПАСОВ

После окончания гарантийного срока хранения боеприпасы подлежат списанию. Списанные боеприпасы переводятся в другие хранилища: запрещено хранить их совместно с исправными боеприпасами, срок хранения которых не истек.

Списанные боеприпасы требуют более тщательного контроля при дальнейшем хранении. Сроки контрольных испытаний сокращаются, повышается трудоемкость регламентных работ, необходимы более квалифицированные специалисты, поэтому затраты на хранение списанных боеприпасов возрастают. При этом сроки дальнейшего хранения становятся неопределенными. Если, например, списанная техника может храниться достаточно долго и практический ущерб от этого невелик, так как ценность представляет главным образом металлолом и затраты на его хранение малы, то боеприпасы нельзя оставить без надежной охраны, организованной противопожарной службы, системы контроля качественного состояния боеприпасов и т.д.

Таким образом, уменьшение запасов боеприпасов за счет списания их части, отслужившей гарантийные сроки хранения, не только не сокращает, а, наоборот, увеличивает затраты на хранение. Это относится как к отдельному складу боеприпасов, так и к системе их хранения в целом.

Предварительные оценки показывают, что затраты на хранение списанных боеприпасов могут увеличиться на 10—20 % по сравнению с затратами на хранение боеприпасов, у которых ГСХ не истек.

Среднегодовые расходы на длительное хранение с учетом заработной платы, премий, отчислений в пенсионный и другие фонды, расходов на материалы, текущий и капитальный ремонты, отопление, электроэнергию, амортизацию оборудования, транспорт, охрану труда, охрану и защиту складов, взрывопожаробезопасность (сигнализация, ограждение, обвалование хранилищ, инвентарь, покрытие огнеупорной краской и др.), содержание воинских подразделений охраны или военизированной охраны (ВОХР), а также на общехозяйственные нужды можно определить по результатам анализа фактических затрат.

В качестве укрупненных показателей принимают среднегодовую стоимость хранения 1,5—2,0 % от оптовой стоимости изделий. Например, стоимость хранения 1 т полезного груза инженерных боеприпасов составляет примерно 30—35 тыс. руб. По данным ГРАУ, стоимость хранения одного вагона артиллерийских боеприпасов (20 т) по ценам 1994 г. составляет около 263 тыс. руб., или 13 тыс. руб. за 1 т.

Предполагается, что инженерные боеприпасы будут в среднем уничтожаться в следующих размерах (до 2000 г.):

— инженерные мины (главным образом, противотанковые) — по 1 млн. шт. в год;

— заряды разминирования — примерно по 1,5—2,0 тыс. комплексов в год;

— артиллерийские боеприпасы примерно по 20 тыс. вагонов (400 тыс. т) и пороха по 3 тыс. вагонов (60 тыс. т).

Максимальное сокращение сроков хранения списанных боеприпасов путем их утилизации может существенно уменьшить затраты и снизить взрывопожароопасность хранения.

1.3. СПИСАННЫЕ БОЕПРИПАСЫ КАК ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ КРИМИНОГЕННОЙ ОБСТАНОВКИ В РЕГИОНАХ

В настоящее время на базах и арсеналах различных видов Вооруженных сил и родов войск скопились миллионы единиц различных боеприпасов, списанных или подлежащих списанию. По некоторым данным, подлежат списанию и последующей утилизации или уничтожению до 80 млн. единиц боеприпасов. К ним относятся авиабомбы, ракеты, морские торпеды, масса ВВ в которых достигает сотен и даже тысяч килограммов, а также артиллерийские снаряды, инженерные мины и заряды с массой ВВ до нескольких килограммов (обычно не более 10 кг).

После того как боеприпасы списаны, их дальнейшее хранение, как указывалось выше, обусловлено рядом особенностей. Одна из них вызвана возможностью хищения боеприпасов, особенно если они уничтожаются вблизи мест хранения личным составом, связанным служебными и другими отношениями с отделами хранения. В этом случае возможно оформление похищенных боеприпасов как уничтоженных. На практике имели место связи лиц, ответственных за хранение боеприпасов, с криминогенными элементами, которые снабжались боеприпасами со складов за определенное вознаграждение. В прессе публиковались даже цены на рынках в некоторых южных регионах на оружие и боеприпасы. Таким образом, наличие списанных боеприпасов создает объективные условия для их хищения и использования в преступных целях.

Война в Афганистане и военные конфликты в так называемых "горячих точках" (Грузия, Абхазия, Карабах, Таджикистан, Приднестровье, Чечня) привели к тому, что возросло число лиц, ознакомленных с боеприпасами и умеющих их применять. Особенно это относится к инженерным минам (противопехотным и противотанковым), стандартным зарядам ВВ и средствам инициирования (взрывания): зажигательным трубкам, капсюлям-детонаторам, электродетонаторам и различным специальным взрывателям. Ввиду простоты обращения с минами "минерами" зачастую становятся неквалифицированные люди, практически незна-

комые с последствиями действия взрыва. Так, в Афганистане были случаи, когда мины устанавливали дети.

Особую опасность представляют участившиеся случаи применения различных взрывных устройств, изготовленных из табельных средств (шашек или брикетов ВВ и взрывателей) или кустарным способом, но с использованием похищенных зарядов ВВ и средств их взрывания.

В связи с опасностью хищения взрывных устройств надежность хранения списанных боеприпасов должна быть не ниже тех, у которых сроки хранения не истекли. Нельзя допускать, чтобы со складов и хранилищ списанных боеприпасов взрывчатые материалы попадали в руки криминогенных элементов. Можно полагать, что после наведения порядка в хранении списанных боеприпасов, строгом учете при их уничтожении или утилизации будет снижен до минимума фактор повышения криминогенной обстановки в стране и особенно в отдельных регионах.

1.4. УЩЕРБ ОТ УНИЧТОЖЕНИЯ И ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ УТИЛИЗАЦИИ СПИСАННЫХ БОЕПРИПАСОВ

Уничтожение списанных боеприпасов расценивается как ущерб по крайней мере по двум причинам. Во-первых, результаты овеществленного труда различных слоев общества (ученых, инженеров, конструкторов, рабочих, испытателей), материалы, зачастую достаточно ценные, затраченные электроэнергия, другие виды энергий, а также затраты на амортизацию оборудования — все это представляет собой безвозвратные потери, которые снизили, ухудшили благосостояние больших групп населения страны и общества в целом.

В ходе постоянного совершенствования боеприпасов, разработки новых, более эффективных образцов целые коллективы ученых проводят исследования, затрачивая большие средства. Идеи ученых, их расчетно-теоретические построения реализуют в опытные образцы инженеры-конструкторы, инженерно-технический персонал и высококвалифицированные рабочие опытных производств. Проводятся разносторонние испытания образцов с использованием дорогостоящего оборудования лабораторий, полигонов на соответствие их заданным требованиям. Иногда по

результатам испытаний образцы возвращаются на доработку, и весь цикл повторяется полностью или частично. После принятия боеприпаса на вооружение организуется его серийное производство, для чего на предприятиях промышленности создаются различные автоматические или автоматизированные линии по изготовлению боеприпасов. В процессе производства осуществляются контроль качества и испытания боеприпасов, что также требует больших затрат.

Наконец, для создания мобилизационных запасов и поддержания на необходимом уровне обороноспособности страны боеприпасы закладываются на хранение. Затраты на хранение боеприпасов на складах, базах и арсеналах МО РФ складываются из затрат на оборудование складов (строительство хранилищ, подъездных путей, ограждения, пожарных водоемов, проведение систем пожарной и охранной сигнализации, освещения, а также оборудование постов, караульных помещений и др.), содержание подразделений охраны и пожарных команд, обслуживающего персонала (штатных работников) склада, осуществляющих осмотр, ремонт, контрольные испытания, учет поступления и отправки боеприпасов в воинские части, на испытания и др.

Данные по затратам на хранение боеприпасов на примере инженерных боеприпасов свидетельствуют, что ущерб, связанный с уничтожением боеприпасов, составляет только за счет ранее проведенных расходов следующие суммы (в расчете на 1 т в ценах 1994 г.): разработка, испытания и серийное производство — около 2 млн. руб., хранение — 30. . .35 тыс. руб. ежегодно.

Другая негативная сторона уничтожения списанных боеприпасов связана с нарушением (ухудшением) экологии окружающей природной среды, загрязнением почвы (грунта), поверхностных (в источниках, реках, озерах) и подземных (грунтовых) вод, растительности и воздушной среды.

Загрязнение окружающей природной среды неизбежно влияет на состояние животных и людей. Особенно опасно загрязнение элементами и соединениями тяжелых металлов (свинец, ртуть и др.), которые концентрируются в организме человека, вызывая тяжелые болезни, в частности печени, почек и др. Поэтому массовое уничтожение списанных боеприпасов, особенно средств инициирования (взрыва-

телей), содержащих свинец, ртуть, на открытых площадках недопустимо. Ущерб от таких бездумных действий можно оценить только по затратам на восстановление окружающей природной среды до нормальных или хотя бы до допустимых показателей.

Поддаются оценке затраты на очистку почвы, в некоторой степени воды и растительности. Воздушная среда очистке не подвергается, за исключением случаев, когда фильтруется воздух при выбросах его из цехов или установок. При уничтожении боеприпасов на открытых площадках загрязнение воздуха неизбежно и предотвратить его практически невозможно.

По некоторым данным, которые приводились в докладах на конференциях по проблемам утилизации боеприпасов, ущерб от уничтожения существующих в настоящее время списанных боеприпасов составил бы около 60 млн. руб. (в ценах 1992 г.).

Таким образом, все изложенные выше отрицательные аспекты содержания списанных боеприпасов (опасность их длительного хранения, дополнительные затраты на хранение, возможность их хищения и использование криминогенными и мафиозными группировками для осуществления взрывов, заказных убийств и др., а также с целью дестабилизации политической обстановки в регионах и в стране в целом, ущерб от уничтожения списанных боеприпасов, нарушение экологического равновесия окружающей природной среды) свидетельствуют о том, что простое уничтожение списанных боеприпасов нецелесообразно, а в больших масштабах — недопустимо.

Поэтому в нашей стране и за рубежом основным направлением снижения запасов устаревших боеприпасов является их утилизация и, главным образом, расснаряжение боевых частей, особенно снаряженных большими массами ВВ. Применяемые методы расснаряжения изложены в третьей главе.

Как сложная техническая задача переработки взрывоопасных изделий длительного хранения, нередко с неизвестной историей эксплуатации, утилизация должна строиться на ряде основных принципов.

I. Комплексность переработки боеприпасов и их компонентов.

Процесс утилизации должен предусматривать переработку всех элементов изделий, включая боевые части, метательные заряды и двигатели, средства инициирования, системы управления, тару и т.д.

II. Безопасность ведения процессов утилизации.

Процесс утилизации в ряде случаев более опасен, чем процесс снаряжения, как по ряду объективных причин (большое разнообразие конструкций, сосредоточенных в одном производстве, разнообразные условия хранения и эксплуатации конкретных изделий, трудности разборки и извлечения ВВ и т.д.), так и в силу субъективных причин, вызванных меньшей изученностью процессов расснаряжения, малым производственным опытом отечественной промышленности по утилизации, организационными вопросами поставки боеприпасов на утилизацию и т.п.

Поэтому должен быть создан специальный комплекс методов (технологий и специализированного оборудования) в зависимости от типа ВВ, порохов и топлив, габаритно-весовых характеристик изделий и их конструкций, а также решены вопросы контролируемой поставки изделий на утилизацию, проектирования и эксплуатации производств, технологической дисциплины и подготовки кадров.

III. Процессы утилизации должны быть экологически чистыми.

При прямом сжигании на открытом воздухе или подрывах в окружающую среду попадает большое количество токсичных окислов, цианидов, солей тяжелых металлов, диоксинов. Происходит загрязнение воздуха, воды и почвы. Поэтому технологии утилизации должны исключить отравление окружающей среды.

IV. Применяемые процессы утилизации должны осуществляться с минимальными экономическими потерями, а при глубоких вторичных переделах получаемого сырья в местах утилизации они должны быть экономически выгодны, за исключением переработки отдельных классов и видов боеприпасов.

2. ОСНОВНАЯ НОМЕНКЛАТУРА УТИЛИЗИРУЕМЫХ БОЕПРИПАСОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ БЕЗ СУЩЕСТВЕННОЙ ПЕРЕРАБОТКИ

Номенклатура боеприпасов, поставляемых на взрывные работы Министерством обороны РФ со складов, постоянно пополняется новыми, более совершенными образцами, а устаревшие, прошедшие срок хранения — демонтируются, и узлы, не пригодные к дальнейшему использованию в изделиях, утилизируются.

Необратимые химические изменения, происходящие во взрывчатых веществах и порохах за время хранения (10—20 лет), приводят к нестабильности эксплуатационных свойств боевых изделий и значительному повышению вероятности проявления нештатных ситуаций. Разработанные к настоящему времени технологические процессы передела ВВ и порохов охватывают ограниченный перечень содержащих их изделий, экономически убыточны, поэтому основную массу подобных изделий уничтожают подрывом или сжиганием. Уничтожение производят на полигонах, на земной поверхности, никак не используя химическую энергию, заключенную в ВВ. При этом выбросы в атмосферу наиболее вредных компонентов продуктов реакции (особенно при сжигании) достигают огромных величин.

Вместе с тем ряд боеприпасов и ВВ, хранящихся на складах Министерства обороны России, может использоваться в народном хозяйстве без сложной переработки и расснаряжения. Эти ВМ могут быть разделены на четыре класса: *инженерные боеприпасы, ракетные твердые топлива, пороха и боевые части боеприпасов.*

2.1. ИНЖЕНЕРНЫЕ БОЕПРИПАСЫ

Для взрывных работ на земной поверхности при скважинной отбойке и вторичном дроблении горных пород используются **тротиловые шашки** для инженерных подрывных зарядов (ПЗ), от удлиненных и шнуровых зарядов разминирования (УЗ и ШЗ) и от инженерных мин. Шашки представляют собой изделия цилиндрической и прямоугольной форм, изготовленные методом прессования тротила. Шашки для инженерных подрывных зарядов имеют цилиндрическое гнездо для размещения в нем КД или ЭД. Торцевые и боковые поверхности шашек покрыты гидроизолирующим составом и бумагой, которая покрыта тем же гидроизолирующим составом.

Шашки от удлиненных и шнуровых зарядов разминирования имеют цилиндрическую форму. Боковая поверхность шашек обернута бумагой, на внутренней поверхности которой нанесен лак или казеиновый клей. Шашки от мин (М) имеют прямоугольную форму. Характеристики шашек даны в табл. 2.1. Условные обозначения шашек приведены ниже.

Шашка тротиловая 75, 200 и 400 г; ТУ 11509793-03 – 93
Шашка тротиловая от УЗ; ТУ 11509793-03 – 93
Шашка тротиловая от ШЗ; ТУ 11509793-03 – 93
Шашка тротиловая от М; ТУ 11509793-03 – 93

По условиям применения, согласно ОСТ 84-2158 – 84, шашки относятся к ВВ 1 класса и используются для производства взрывных работ на земной поверхности в породах и грунтах с коэффициентом крепости по шкале М.М. Протодьяконова до 20 (до XI группы по СНиПу) во всех горногеологических и климатических условиях при ручном заряжании скважин. Допускается использовать шашки массой 75 г в качестве шпуровых зарядов, а массой 200 и 400 г в качестве накладных зарядов при дроблении негабаритных кусков горных пород.

Основные физико-химические и взрывчатые характеристики шашек тротила приведены ниже:

Плотность шашек, г/см^3 ..... 1,5 – 1,59
Температура плавления, °С ..... 78 – 80
Температура вспышки при времени задержки 60 с, °С ..... 295 – 305
Чувствительность к удару по ГОСТ 4545 – 88:
  частота взрывов в приборе № 1, % ..... 0 – 20
  нижний предел $H_{пр}$, мм 500
Чувствительность к трению на приборе К-44-Ш:
  частота взрывов при усилии прижатия 686,5 МПа (7000 кгс/см^2), % 4
Удельное электрическое сопротивление, Ом · м ..... $10^7 – 10^{10}$

Таблица 2.1

Типы, параметры и размеры тротиловых шашек

Тип	Основные параметры	Масса, кг	Размеры, мм				Область применения
			Диаметр	Длина	Ширина	Высота	
Шашки тротиловые для подрывных зарядов							
75 г	Шашка цилиндрической формы с гнездом для КД № 8 глубиной 50 мм и диаметром 8 мм	0,075	31	73	–	–	Для скважинной отбойки горных пород. Диаметр скважин не менее 120 мм. Допускается для заряжания шпуров диаметром 40–46 мм
75 г с резьбой	Шашка цилиндрической формы, имеющая гнездо для КД № 8 глубиной 39 мм и резьбой М 10 × 1	0,075	31	73	–	–	То же
200 г	Шашка прямоугольной формы, имеющая гнездо для КД № 8 глубиной 34 мм и диаметром 8 мм	0,2	–	102	52	27	Для скважинной отбойки и вторичного дробления негабарита. Диаметр скважины не менее 150 мм
200 г с резьбой	Шашка прямоугольной формы с гнездом для КД № 8 глубиной 34 мм и резьбой М 10 × 1	0,2	–	102	52	27	То же
400 г	Шашка прямоугольной формы, имеющая гнездо для КД № 8 глубиной 34 мм и диаметром 8 мм	0,4	–	102	52	53	”
400 г с резьбой	Шашка прямоугольной формы, имеющая гнездо для КД № 8 глубиной 34 мм и резьбой М 10 × 1	0,4	–	102	52	53	”

Продолжение табл. 2.1

Тип	Основные параметры	Масса, кг	Размеры, мм				Область применения
			Диаметр	Длина	Ширина	Высота	
Шашки от удлиненных зарядов разминирования УЗ							
Шашка 3-02339 С603-3	Шашка цилиндрической формы в бумажной оболочке с кумулятивной выемкой и металлической облицовкой толщиной 1,1 мм	0,154	48	50	–	–	Для скважинной отбойки. Диаметр скважин не менее 120 мм
Шашка 02339 С603-4	Шашка цилиндрической формы в бумажной оболочке	0,155–0,246	43–48	56–94	–	–	То же
Шашка 3-02337 С601-15	То же	0,211	43	94	–	–	”
Шашка 3-02337 С601-16	”	0,246	48	88	–	–	”
Шашки от шнуровых зарядов разминирования ШЗ							
Шашка 503М701	Шашка цилиндрической формы в бумажной оболочке	0,83	80	120	–	–	Для скважинной отбойки. Диаметр скважин не менее 150 мм

Таблица 2.2

Комплектность, масса шашек в упаковке и партия

Тип	Комплектность шашек в одной упаковке, шт.	Общая масса шашек в одной упаковке, кг	Масса шашек в партии, кг
75 или 75 г с резьбой	250	18,75	3750
200 и 200 г с резьбой	123	25	25 000
400 г с резьбой	1		
200 или 200 г с резьбой	65		
400 г	29	25	25 000
400 г с резьбой	1		
200 или 200 г с резьбой	1		
400 г	61	25	25 000
400 г с резьбой	1		
200 или 200 г с резьбой	1	25	25 000
400 г с резьбой	62		

Поставка шашек на взрывные работы осуществляется с воинских баз или складов железнодорожным транспортом. По согласованию с потребителем допускается поставка шашек автотранспортом потребителя, оборудованным для перевозки ВВ.

Шашки тротиловые 75, 200 и 400 г для ПЗ поставляются в деревянных ящиках, партиями в соответствии с табл. 2.2 в упакованном и опломбированном виде. Масса шашек в партии по согласованию с потребителем может изменяться.

Шашки от УЗ и ШЗ поставляются потребителю в бумажных битумированных мешках. По согласованию с потребителем допускается поставлять шашки от ШЗ, УЗ и М в деревянных ящиках из-под инженерных боеприпасов, предварительно упакованные в бумажные мешки. Номинальная масса (нетто) шашек в мешке должна быть не более 40 кг.

На каждую упаковку с шашками для ПЗ наносится маркировка с указанием:

- индекса изделия;
- условного обозначения завода-изготовителя;
- номера партии;
- даты изготовления;
- массы нетто;
- порядкового номера ящика в партии;
- знака опасности груза по ГОСТ 19433–88;
- номера груза по "Перечню опасных грузов" — число 113 в равностороннем треугольнике;

– надписи "Взрывается";

– белой полосы в соответствии с требованиями "Единых правил безопасности при взрывных работах".

На каждый бумажный мешок с шашками от УЗ, ШЗ и М наносится маркировка с указанием:

– условного обозначения изделий – "Шашки тротиловые от УЗ", или "Шашки тротиловые от ШЗ", или "Шашки тротиловые от М";

– условного обозначения завода-изготовителя шашек;

– номера партии зарядов разминирования и мин, подвергнутых расснаряжению;

– номера места;

– массы нетто;

– даты упаковки;

– знака опасности груза по ГОСТ 19438–88;

– номера груза по "Перечню опасных грузов" – число 113 в равностороннем треугольнике;

– белой полосы в соответствии с требованиями "Единых правил безопасности при взрывных работах";

– манипуляционных знаков по ГОСТ 14192–77;

– предупредительной надписи "Не бросать".

При поступлении шашек на склад ВМ потребитель проводит входной контроль внешнего вида и цѐлостности упаковки, качества маркировки и внешнего вида шашек. На поверхности шашек 75, 200 и 400 г для ПЗ допускаются механические повреждения бумажной оболочки, отслаивание парафина от бумажной оболочки, местные сколы ребер боковых и торцевых поверхностей шашки без ограничений, трещины, осыпания, притупления по всей длине ребер шашки без ограничения их длины.

На поверхности шашек от зарядов разминирования допускаются следы лака ПВБ, БТ-5100, эмали ГФ-1426 или клея. Для шашек от ШЗ допускается отслоение бумажной оболочки от поверхности шашек.

Шашки для ПЗ массой 200 и 400 г при их использовании в качестве накладных зарядов для дробления негабаритных кусков горных пород дополнительно при входном контроле испытываются на полноту детонации от КД № 8 или ЭД. Объем выборки – 5 шт. от партии. О полноте детонации судят по наличию углубления в грунте и отсутствию остатков

ВВ на месте взрыва. При получении хотя бы одного отказа испытания проводят на утроенном количестве шашек. В случае получения отказа эта партия шашек для дробления негабаритных кусков горных пород не допускается. Вопрос об использовании такой партии шашек на взрывных работах решается комиссией. Объем и последовательность входного контроля тротиловых шашек представлены ниже.

Проверяемый параметр	Объем выборки
Проверка маркировки на упаковке	2 – 3 упаковки с шашками или 1 – 2 вьюшки с ШЗ
Проверка правильности упаковки и комплектования шашек тротиловых 75, 200 и 400 г	2 – 3 упаковки
Проверка правильности упаковки и массы шашек от УЗ, ШЗ и мин в мешках	3 мешка с шашками
Проверка внешнего вида шашек	2 – 3 упаковки или 15 – 20 шашек от ШЗ
Проверка шашек для ПЗ массой 75, 200 и 400 г на полноту детонации	5 – 15 шт.

Температурный диапазон хранения шашек на складах ВМ от – 50 до + 50 °С. По истечении срока хранения шашек или при получении неудовлетворительных результатов взрыва (отказ, неполная детонация) шашки, применяющиеся в качестве скважинных зарядов, испытываются на полноту детонации, при этом в качестве промежуточного детонатора в сухой или обводненной скважине должна применяться шашка-детонатор типа Т-400Г. При получении отрицательных результатов шашки подлежат уничтожению.

Доставка шашек к месту производства взрывных работ должна осуществляться в исправной упаковке в соответствии с требованиями "Единых правил безопасности при взрывных работах".

Перед заряжанием скважин, для исключения возможности пересыпания скважинного заряда из шашек буровой мелочью, производится очистка площадки вокруг устья скважин в радиусе 0,7 м.

Заряжание скважин шашками осуществляется вручную через металлическую воронку, вставляемую в устье скважины. Для отвода заряда статического электричества воронка должна заземляться. Схема заземления представлена на рис. 2.1.

Для обеспечения надежной детонации скважинного заряда из шашек необходимо применять два боевика, разме-

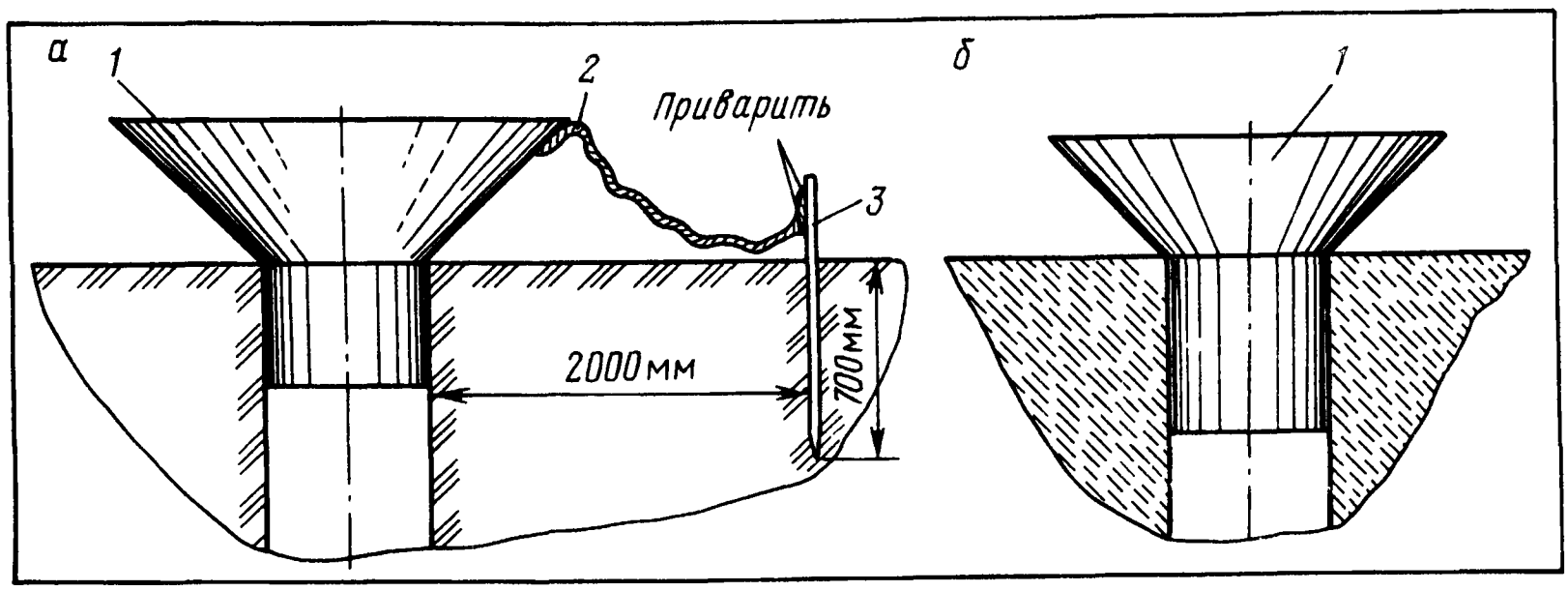

Рис. 2.1. Схема заземления для мягких (*а*) и крепких (*б*) пород:
1 — воронка; *2* — проводник; *3* — стальной штырь

щаемые в верхней части заряда. В качестве боевика используются шашки-детонаторы типа Т-400Г (2 шт.) и детонирующий шнур марки ДШ-А для сухих скважин и ДШЭ-12 — для обводненных.

При работе с шашками согласно типовым отраслевым нормам необходимо применять индивидуальные средства защиты от попадания пыли на кожные покровы, слизистые оболочки, в органы дыхания и пищеварения и соблюдать правила личной гигиены. При попадании пыли ВВ в глаза или на кожу необходимо смыть ее большим количеством воды. При раздражении дыхательных путей рекомендуется полоскание горла 2—3%-ным раствором пищевой соды.

Инструмент, применяемый при работе с шашками, должен быть изготовлен из материала, не дающего искры при ударе и трении.

Загоревшиеся шашки следует тушить обильным количеством воды или применять углекислотные огнетушители. При невозможности ликвидации очага пожара рабочий персонал должен быть немедленно удален на безопасное расстояние.

По степени опасности при транспортировке, хранении и обращении согласно ГОСТ 19433—88 шашки относятся к классу 1, подклассу 1.1 и группе совместимости D.

Для ручного заряжания в технологии строительства и реконструкции профильных выемок, дробления негабаритных кусков горной породы и металлсодержащих объектов, а также для выполнения геологических и геофизических работ, в том числе и в обводненных условиях,

Таблица 2.3

Характеристика зарядов ПМ

Индекс заряда	Материал оболочки	Масса заряда, кг		Габаритные размеры заряда, мм			
		Общая	ВВ	Диаметр	Длина	Ширина	Высота
ТМ-57	Металл	9,5	6,5	320	–	–	90
ТМ-62М	"	10,0	7,0	320	–	–	90
ТМ-62Д	Дерево	13,0	6,5	–	340	290	135
ТМ-62Т	Ткань	9,2	7,0	320	–	–	86
ТМ-62П	Пластмасса	11,0	7,6	340	–	–	86
ТМ-62П2	"	10,0	6,5	320	–	–	86
ТМ-62П3	"	8,7	6,5	320	–	–	86

могут использоваться **сосредоточенные заряды от противотанковых мин (заряды ПМ).**

Заряды ПМ представляют собой заряд взрывчатого вещества из тротила, размещенный в оболочке цилиндрической или прямоугольной формы. Оболочки могут быть изготовлены из листовой стали толщиной 0,8 мм, древесины хвойных пород, капроновой ткани, полиэтилена или высокопрочной пластмассы АГ-48.

Заряды имеют промежуточный детонатор в виде цилиндрической шашки, установленной в металлический или пластмассовый запальный стакан и загерметизированный пробкой. Шашки промежуточного детонатора изготовлены из прессованного тротила и имеют массу в пределах 125—210 г при плотности не менее 1,58 г/см^3. В верхней части заряда расположена горловина запального стакана с прокладкой, закрытая в транспортном положении пластмассовой или металлической крышкой. Заряды ПМ с индексом ТМ-62Т и ТМ-62ПЗ имеют цилиндрическое кольцо, которое исключает попадание пыли ВВ на поверхность оболочки. Основные параметры и размеры зарядов ПМ представлены в табл. 2.3.

По условиям применения заряды ПМ относятся к специальному классу С и предназначены к применению на земной поверхности при температуре окружающей среды от −50 до +50 °С.

Поставка зарядов ПМ на взрывные работы осуществля-

Таблица 2.4

Комплектность поставки зарядов ПМ

Индекс заряда	Количество изделий в упаковке, шт.	Габаритные размеры и масса упаковки	
		Габаритные размеры, мм	Масса брутто, кг
ТМ-57	5 (заряды)	725 × 398 × 425	60
ТМ-62М	4 (заряды)	725 × 398 × 425	60
ТМ-62Д	4 (заряды)	660 × 400 × 430	60
ТМ-62Т	4 (заряды) 4 (съемные ручки)	660 × 400 × 430	55
ТМ-62П	4(заряды)	660 × 400 × 430	60
ТМ-62П	4(заряды)	660 × 400 × 430	60
ТМ-62П	4 (заряды) 4 (съемные ручки)	660 × 400 × 430	53

ется с воинских баз и складов железнодорожным транспортом. По согласованию с грузоотправителем допускается поставка зарядов автотранспортом потребителя, оборудованным для перевозки ВВ.

Заряды ПМ поставляются потребителю в заводской упаковке — деревянных ящиках. Комплектность, габаритные размеры и масса упаковки приведены в табл. 2.4.

Каждый заряд содержит маркировку, в которой указывается:

— условное обозначение заряда (индекс);
— наименование (марка) ВВ;
— масса ВВ в заряде;
— масса брутто;
— товарный знак завода-изготовителя;
— номер партии;
— номер изделия;
— год изготовления.

Каждая упаковка (ящик) имеет маркировку со следующими данными:

— шифр предприятия-изготовителя;
— марка ВВ;
— дата изготовления;
— номер партии;
— номер ящика;
— масса брутто (кг);
— номер груза по "Перечню опасных грузов" (число 127 в равностороннем треугольнике со стороной не менее 80 мм);

– знак опасности груза по ГОСТ 19433–88 (класс 1, подкласс 1.1, группа совместимости D);
– гарантийный срок хранения;
– серийный номер по списку ООН (0065);
– группа назначения (класс С, группа 1);
– аварийная карточка № 701;
– предупредительная надпись – "Не бросать".

При поступлении зарядов ПМ на склад ВМ потребитель проводит входной контроль внешнего вида, качества упаковки и маркировки зарядов в соответствии с ТУ 11509793-04–93. По истечении гарантийного срока хранения заряды дополнительно испытывают и на полноту детонации. При получении положительных результатов контрольных испытаний срок хранения зарядов продлевается на 6 месяцев.

Проверка качества упаковки, маркировки и внешнего вида проводится на 2 % упаковок (но не менее 5 упаковок), на 3 % зарядов ПМ (но не менее 20 зарядов) от каждой получаемой партии.

Испытания на полноту детонации проводятся на 1 % зарядов ПМ от партии (но не менее 2 зарядов). При получении хотя бы одного отказа или неполной детонации испытания повторяются при 4-кратном увеличении количества зарядов, взятых от той же партии. При получении отказа или неполной детонации на повторных испытаниях вся партия не допускается к взрывным работам, о чем сообщается поставщику зарядов. Вопрос дальнейшего использования такой партии зарядов ПМ решается комиссией, в которую должны входить представители организаций потребителя, поставщика и надзора. При этом результаты испытаний зарядов ПМ и решение о дальнейшем использовании бракованной партии зарядов оформляются актом.

Контрольные испытания зарядов ПМ на полноту детонации допускается проводить на территории карьеров горных предприятий при соблюдении безопасности в соответствии с требованиями "Единых правил безопасности при взрывных работах".

О полноте детонации заряда ПМ судят по отсутствию остатков ВВ после инициирования заряда и наличию отпечатка на грунте или по отсутствию остатков ВВ и результатам разрушения негабаритного куска породы.

Бракованные заряды следует уничтожать методом взрывания накладных зарядов по одному или 3 шт. одновременно, соблюдая при этом расстояние между отдельными зарядами не менее 10 м. В качестве промежуточных детонаторов необходимо использовать тротиловые шашки массой не менее 400 г. Радиус опасной зоны при уничтожении зарядов ПМ, не имеющих металлической оболочки, — 300 м; при уничтожении зарядов ПМ в металлической оболочке — 500 м.

При использовании зарядов ПМ в качестве накладных зарядов для дробления негабаритных кусков породы или валунов заряд с предварительно снятой крышкой устанавливается в центре разрушаемого объекта и при необходимости крепится к нему с помощью шпагата, тесьмы или других подручных материалов.

Инициирование заряда ПМ производится с помощью тротиловых шашек типа ТП-400 (ОСТ 84-1366—76), Т-400Г (ОСТ 84-411—80), шашки тротиловой 400 г (ТУ 11509793-03—93) или промежуточного детонатора из порошкообразного аммонита 6ЖВ массой не менее 350 г, при этом аммонит 6ЖВ следует засыпать в запальный стакан заряда ПМ, а тротиловые шашки можно размещать, обеспечивая их устойчивость, как на запальном стакане, так и в центре донной поверхности заряда ПМ, уложенного торловиной запального стакана на объект разрушения, например на негабаритный кусок породы.

При использовании зарядов ПМ для образования профильных выемок заряды устанавливаются в один или несколько рядов в выработке (траншее, шурфе, камере и т.п.) вплотную друг к другу (зазор между зарядами должен составлять не более 10 мм), при этом крышки у запальных стаканов могут не сниматься. Взрыв заряда в выработке осуществляется с помощью промежуточного детонатора. В качестве промежуточного детонатора следует использовать две тротиловые шашки массой по 400 г или заряд из порошкообразного аммонита 6ЖВ массой не менее 2 кг, помещенный в водонепроницаемый полиэтиленовый мешок.

Заряжание обводненных скважин зарядами ПМ производится путем свободного погружения зарядов в скважины, глубина которых должна быть не более 15 м, при этом диаметр скважин должен составлять 1,1...1,4 диаметра

заряда ПМ. Для инициирования необходимо использовать тротиловую шашку массой не менее 400 г, которая привязывается к заряду ПМ, опускаемому последним в скважину на капроновом или другом шнуре достаточной прочности. При свободном опускании зарядов ПМ в скважины необходимо следить за тем, чтобы высота столба воды над опущенным зарядом перед опусканием последующего заряда составляла не менее 3 м. Свободное пространство между стенками скважины и зарядом ПМ допускается заполнять гранулотолом.

При формировании скважинных зарядов из зарядов ПМ с использованием детонирующего шнура (ДШ) следует обязательно дублировать взрывную сеть из ДШ независимо от глубины скважин.

Ликвидацию отказавших зарядов разрешается проводить:

— взрыванием отказавшего заряда в случае, если отказ произошел во внешней взрывной сети, например в сети ДШ;

— разборкой породы в месте нахождения отказа с извлечением зарядов ПМ или остатков ВВ;

— взрыванием шпуровых зарядов, располагаемых не ближе 1 м от стенки зарядной выработки с отказавшим зарядом;

— взрыванием заряда в скважине, пробуренной не ближе 3 м от стенки зарядной выработки с отказавшим зарядом;

— по проекту, утвержденному руководителем предприятия, при невозможности ликвидировать отказ перечисленными способами.

Заряды ПМ являются взрыво- и пожароопасными изделиями. По степени вредного воздействия на организм человека согласно ГОСТ 12.1.007—76 они относятся ко 2 классу опасности. Вредное воздействие проявляется при нарушении целостности заряда и прямого контакта с ВВ, в связи с чем необходимо предотвращать попадание ВВ на открытые участки кожи, глаза и слизистые оболочки, применяя спецодежду и средства индивидуальной защиты согласно типовым отраслевым нормам. При попадании пыли ВВ в глаза или на кожу необходимо смыть ее большим количеством воды. При раздражении дыхательных путей рекомендуется полоскание горла 2—3 %-ным раствором пищевой соды.

При загорании предметов или материалов, находящихся вблизи от зарядов, необходимо использовать штатные средства пожаротушения: воду, пенные и углекислотные огнетушители. При загорании упаковки или зарядов работающий персонал должен быть немедленно удален от места загорания на безопасное расстояние. Тушить заряды ПМ следует водой. Применять кошму или песок запрещается.

В качестве скважинных зарядов при ведении взрывных работ на земной поверхности, в том числе при контурном взрывании, могут использоваться **линейные тротиловые заряды в металлическом корпусе (заряды УЗ).**

Заряд (рис. 2.2) состоит из металлического корпуса, снаряженного тротиловыми шашками.

Длина корпуса в собранном состоянии от 1946,2 до 1950,6 мм, внутренний диаметр 50 мм, наружный диаметр от 53 до 66 мм, масса до 4,3 кг.

В корпусе размещены 21 тротиловая шашка в обертке диаметром 48 мм, длиной 88 мм, массой 0,25 кг и одна тротиловая шашка в оболочке диаметром 43 мм, длиной 94 мм, массой 0,21 кг.

Масса заряда в снаряженном состоянии, включая корпус, составляет 9,72 кг, в том числе тротила 5,46 кг.

Наружные поверхности металлических изделий покрыты грунтовкой ВЛ-02 и защитной эмалью ГФ-1426.

По условиям применения заряды УЗ относятся к первому классу согласно классификации ОСТ 84-2158—84, используются только в скважинах, в том числе обводненных, с любой степенью проточности.

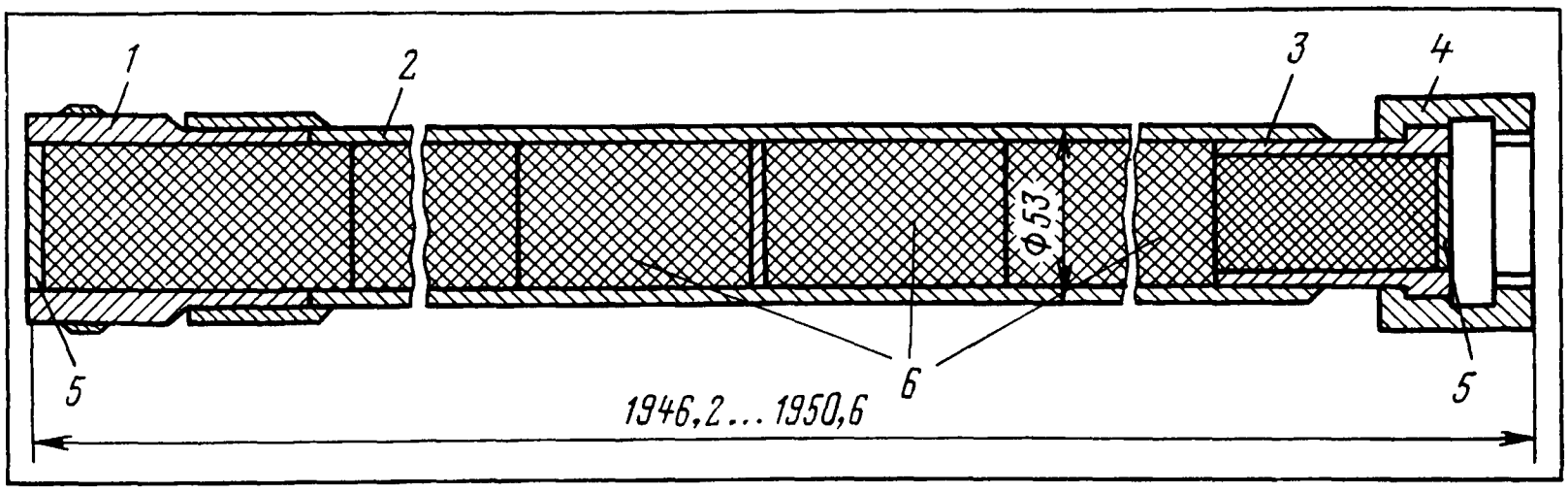

Рис. 2.2. Заряд линейный тротиловый в металлическом корпусе УЗ:
1 — втулка головная; *2* — труба; *3* — втулка хвостовая; *4* — гайка накидная; *5* — дно; *6* — тротиловые шашки

С целью повышения эффективности действия массовых взрывов допускается в опытных взрывах зазор между зарядами УЗ и стенками скважин заполнять гранулированной аммиачной селитрой или гранулированными ВВ любых типов, допущенных Госгортехнадзором РФ для взрывания на земной поверхности. Заполнение зазоров производится вручную или с помощью зарядных машин.

В период испытаний и применения заряды поставляются в однотипной таре предприятия-изготовителя и сопровождаются выпиской из формуляра или другого сертификата, удостоверяющего качество изделия. По согласованию с потребителем заряды могут поставляться в блоках без упаковки. Блок состоит из трех зарядов, соединенных между собой хомутами и размещенных на расстоянии 740 мм друг от друга. Маркировка наносится в средней части заряда (справа от маркировки завода) по ГОСТ В 20225—74 с указанием марки изделия "БО-УЗ" (блок основной); ниже — марка завода, номер партии и год снаряжения. Размер шрифта 10. Применение зарядов с маркировкой "БДТ-УЗ" (блок с кумулятивным дросселем и тройником) не допускается.

Взрывчатый состав зарядов УЗ состоит из прессованного тротила марки А по ГОСТ 25857—83.

Основные неконтролируемые физико-химические и взрывчатые характеристики зарядов УЗ приведены ниже.

Плотность, г/см^3	1,47
Теплота взрыва, МДж/кг (ккал/кг)	4,18—4,54 (1000—1085)
Бризантность в стальном кольце, мм	15—16

Заряды УЗ являются безопасными в санитарном отношении (ввиду герметичности конструкции корпуса заряда). Вредное воздействие тротила на организм человека проявляется лишь в случае прямого контакта с ВВ (нарушение целостности изделия). В этом случае необходимо предотвращать попадание ВВ на открытые участки кожи, глаза и слизистые оболочки, применяя спецодежду и средства индивидуальной защиты. Заряды УЗ относятся к взрыво- и пожароопасным материалам. Заряды необходимо оберегать от прямых солнечных лучей, огня. Их запрещается располагать вблизи отопительных систем.

Для ликвидации очагов пожара вблизи зарядов следует применять воду, пенные и углекислотные огнетушители. Применять песок и кошму запрещается.

При загорании упаковки или самих зарядов работающий персонал должен быть немедленно удален от места загорания на безопасное расстояние.

При работе с зарядами УЗ необходимо соблюдать правила защиты от статического электричества.

Заряды УЗ по степени опасности при хранении и транспортировке относятся к взрывчатым веществам 1 класса, подкласса 1.1, группе совместимости D.

Транспортировка зарядов УЗ в штатной упаковке завода-изготовителя потребителю должна осуществляться железнодорожным, автомобильным, воздушным, морским и речным транспортом в соответствии с действующими правилами перевозки опасных грузов, утвержденными и согласованными в установленном порядке.

Транспортирование зарядов УЗ в блоках без упаковки или в виде отдельных зарядов должно осуществляться только железнодорожным и автомобильным транспортом.

Операции с УЗ на складах ВМ могут производиться вручную или с применением механизмов, допущенных Госгортехнадзором РФ.

При обращении с УЗ недопустимы воздействия, приводящие к загоранию или взрыву. При любых операциях с зарядами должна соблюдаться максимальная осторожность.

Заряды при хранении и транспортировке необходимо предохранять от воздействия прямых солнечных лучей.

Для проведения взрывных работ с использованием зарядов УЗ блоки разделяются путем снятия хомутов на отдельные заряды УЗ. Заряжание скважин осуществляется при помощи специального приспособления (рис. 2.3). Сборка става из отдельных зарядов производится около скважины. Заряжание осуществляется двумя взрывниками, один из которых назначается старшим. По его команде выполняется работа второго взрывника.

Работа по сборке става из зарядов УЗ и его опускание в скважину производятся в следующей последовательности.

Первый заряд УЗ вручную опускается в скважину и закрепляется на раме устройства с помощью ограничителя и

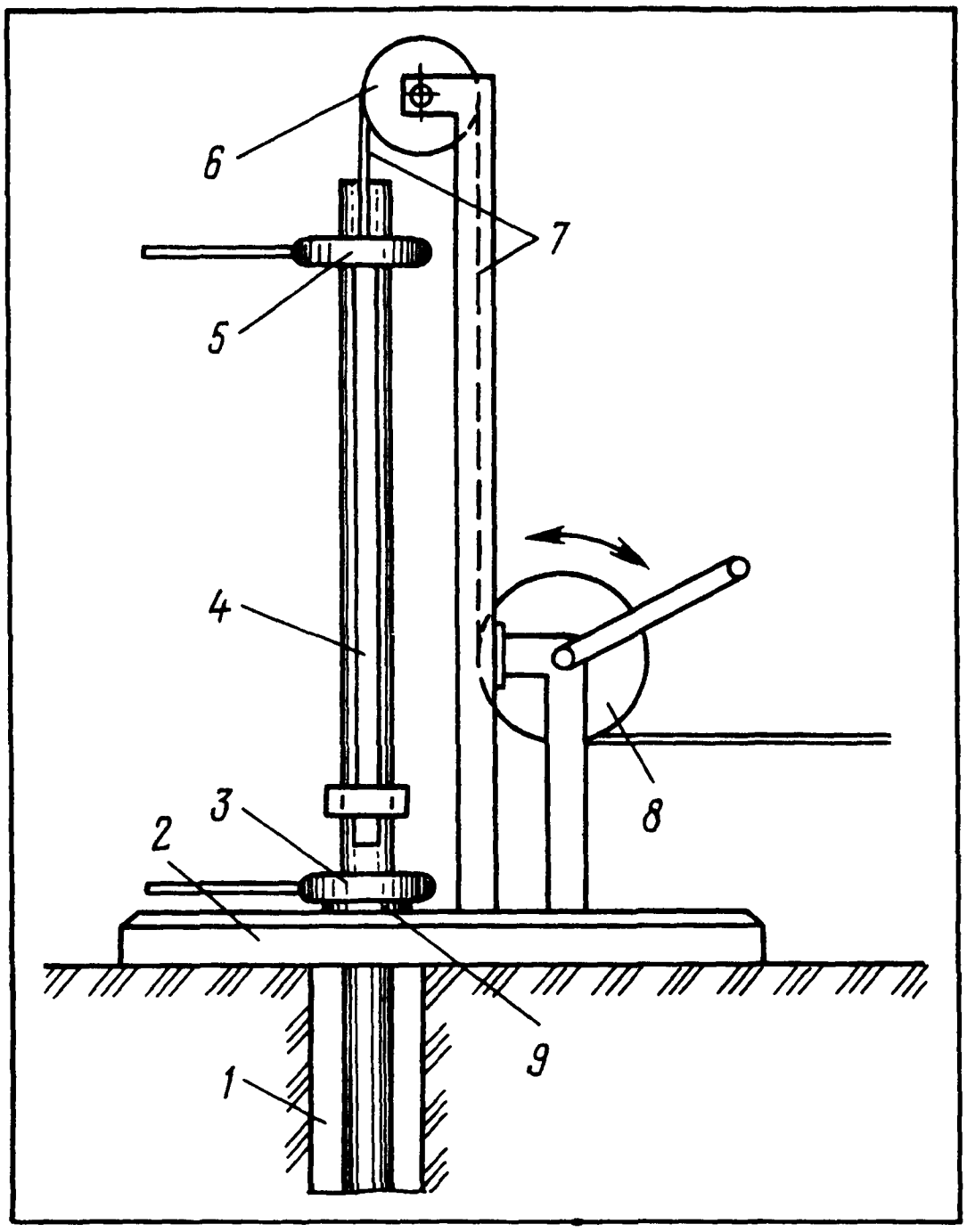

Рис. 2.3. Устройство для опускания в скважину изделий УЗ:
1 — скважина; *2* — рама с мачтой; *3* — нижний зажим; *4* — заряд специального назначения; *5* — верхний зажим; *6* — верхний блок; *7* — канат; *8* — нижний блок; *9* — вилочный ограничитель перемещения заряда УЗ

накидной гайки. На накидную гайку первого заряда устанавливают второй заряд накидной гайкой вверх, резьбовым соединением вниз. С помощью этого резьбового соединения и накидной гайки первого заряда вручную скручивают две секции. При необходимости накидную гайку удерживают ключом из безыскрового материала. Под накидную гайку второго заряда устанавливают верхний ограничитель с закрепленным тросом лебедки. С помощью лебедки приподнимают став вверх для освобождения нижнего ограничителя. В такой последовательности формируется весь став зарядов УЗ, который после этого опускается с помощью лебедки до забоя скважины. Освобождается капроновый трос, и устройство переносится к другой скважине. В скважину со ставом из зарядов УЗ засыпается необходимое количество гранулированного ВВ и устанавливается промежуточный детонатор.

Капроновый трос должен иметь десятикратный запас прочности по отношению к массе става.

Допускается опускать заряды УЗ в скважину вручную на специальной капроновой снасти с 10-кратным запасом прочности по отношению к массе става заряда. Для этого она должна быть предварительно испытана с помощью динамометра.

Порядок крепления шнура к заряду УЗ, сборка става и его опускание в скважину заключаются в следующем.

Со стороны накидной гайки заряда из алюминиевого троса делается петля, которая закрепляет этот трос на заряде, и кольцо для зацепления крючка. Крючок из нержавеющей стали, прикрепленный к капроновому шнуру, цепляется за кольцо петли. С помощью этой снасти один взрывник опускает первый заряд в скважину до резьбовой части и удерживает его до подсоединения второго заряда. Другой взрывник наращивает второй заряд. Став из двух зарядов УЗ осторожно опускается путем ослабления капронового шнура в скважину до забоя. Затем капроновый шнур извлекается из скважины, а кольцевой зазор между зарядом и стенкой скважины заполняется гранулированным взрывчатым веществом.

Инициирование зарядов УЗ производится одним патроном ВВ любых марок, допущенных Госгортехнадзором РФ к применению на земной поверхности, или шашкой Т-400Г. Патрон (шашка Т-400Г) крепится внакладку к верхней части верхнего заряда УЗ и подрывается детонирующим шнуром (ГОСТ 6196—78) марки ДШЭ-12 (для обводненных скважин) или ДШ-А, ДШ-В (для сухих скважин).

Заряды УЗ относятся к взрывоопасным материалам.

Для ликвидации очагов пожара вблизи зарядов следует применять воду, пену, пенные и углекислотные огнетушители. Применять песок и кошму запрещается.

При загорании упаковки или самих зарядов работающий персонал должен быть немедленно удален от места загорания на безопасное расстояние.

Заряды УЗ являются безопасными в санитарном отношении. Вредное воздействие взрывчатых веществ на организм человека проявляется лишь в случае прямого контакта с ВВ (нарушение целостности изделия).

Для проведения взрывных работ на земной поверхности с ручным заряжанием полостей и скважин в технологии строительства и очистки мелиоративных каналов, отбойки горных пород и постановки бортов карьеров на предельный контур используются **шланговые заряды**.

Изготавливаются четыре марки шланговых зарядов (ШЗ), имеющие обозначения:

Марка	Используемое ВВ
ШЗ-1	Тротил (ГОСТ 7059—73) — прессованные шашки
ШЗ-2	Смесь по ОСТ 84-1067 — 81 флегматизированного гексогена с алюминиевой пудрой (состав А-IX-20) — прессованные шашки
ШЗ-4	Тротил (ГОСТ 7059—73) — прессованные шашки.
ШЗ-4П	Пластичный состав — пластит ПВВ-7 (ОСТ 84-1278—81)

Основные технические данные ШЗ-1 и ШЗ-4 приведены в табл. 2.5.

Шланговый заряд ШЗ-1 (рис. 2.4) представляет собой тканый капроновый рукав белого цвета, в котором размещены шашки из прессованного тротила, завернутые в парафинированную бумажную оболочку. В концы рукава встроены штуцеры, в которые на парафин-церезиновой мастике вставлены тротиловые шашки, а также рымы в гайках.

Заделка рукава выполнена красномедной проволокой. Сверху проволока обмотана морским пеньковым линем. Стопорение шашек произведено прошивкой рукава между шашками по диаметру или хордам.

Шланговый заряд ШЗ-4 (рис. 2.5) представляет собой набор бумажных гильз, внутри каждой из которых распо-

Таблица 2.5

Технические данные шланговых зарядов

Показатель	Норма для марки			
	ШЗ-1	ШЗ-2	ШЗ-4	ШЗ-4П
Диаметр, мм	81	81	80 (макс.)	80
Длина, м	200	200	10	10
Масса заряда в сборе, кг	1440	1650	50–54	50–53
Масса ВВ в заряде, кг	1382	1598,4	39,3	44,0
Масса ВВ на 1м, кг	6,9	8,0	3,9	4,0
Масса брутто, кг	2100	2300	71,73	66,512
Плотность ВВ (шашки) не менее, г/см^3	1,52	1,70	1,52	1,50
Скорость детонации, м/с	6600	7800	6600	6500
Усилие на разрыв, Н	20 000	20 000	39 000	39 000

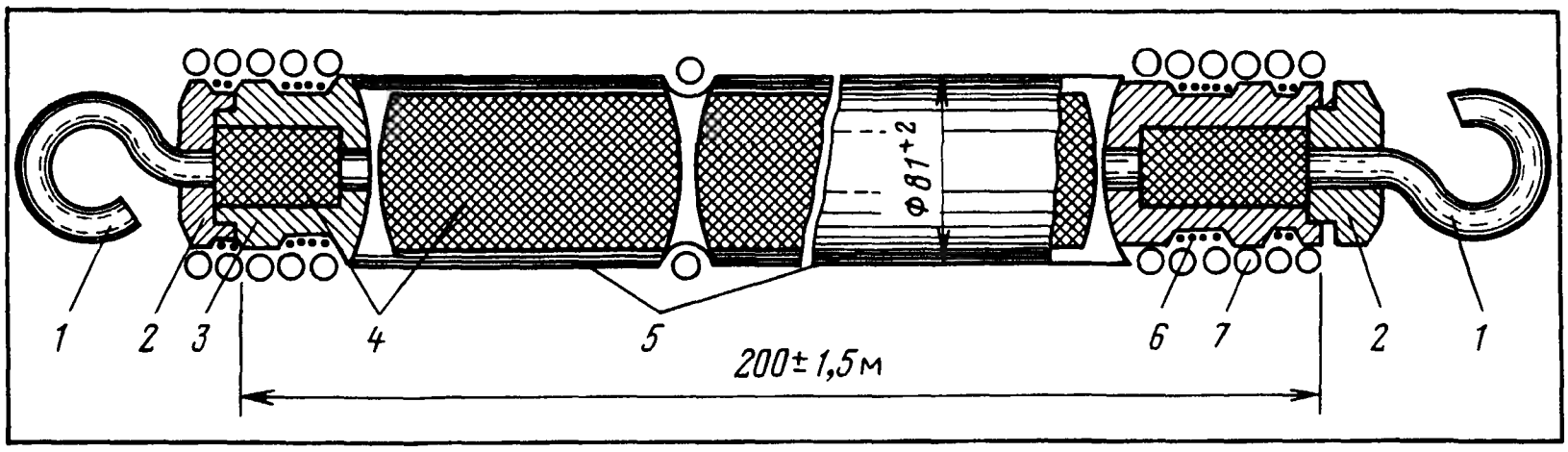

Рис. 2.4. Заряд шланговый ШЗ-1, ШЗ-2:
1 — рым; *2* — гайка; *3* — штуцер; *4* — шашка ВВ; *5* — рукав из капроновой ткани; *6* — проволока из красной меди; *7* — линь пеньковый морской

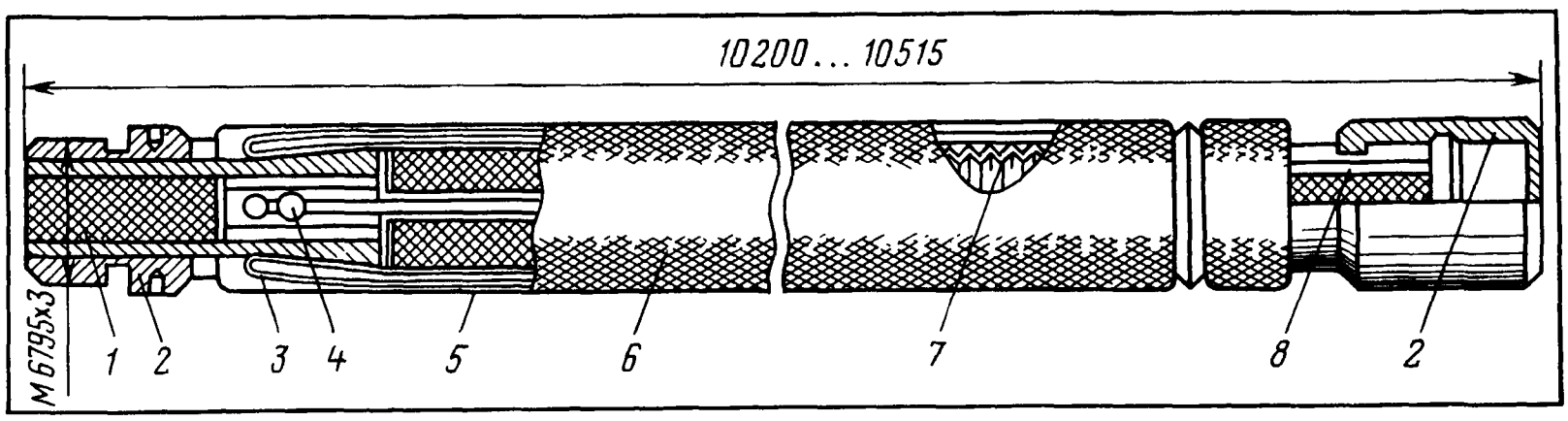

Рис. 2.5. Заряд шланговый ШЗ-4:
1 — шашка ВВ; *2* — втулка; *3* — силовые капроновые нити; *4* — усилитель детонации; *5* — бумажная гильза; *6* — капроновая оплетка; *7* — элемент сгиба; *8* — штуцер

ложена тротиловая шашка, гильзы соединены между собой элементами сгиба для поворота на 180° и передачи детонации.

Вокруг заряда по длине пропущены силовые капроновые нити с последующим образованием капроновой оплетки белого цвета. На концах ШЗ-4 встроены втулки с резьбой для соединения зарядов между собой, а также штуцеры с тротиловыми шашками; вдоль его оси сквозь шашки пропущен усилитель детонации, детонирующий гексогеновый шнур (ДШУ-150).

Основные технические данные тротила, применяемого в ШЗ-1 и ШЗ-4, приведены ниже.

Теплота взрыва, ккал/кг	1010
Объем газов, л/кг	750—870
Кислородный баланс, %	—74
Работоспособность, не менее, $см^3$	285
Чувствительность к удару по ГОСТ 4545—88:	
нижний предел, мм	500
частость взрывов в приборе № 1, %	4—20
Чувствительность к трению:	
нижний предел на приборе К-44-3, МПа	400
Критический диаметр детонации, мм:	
открытого заряда	60—70
в стальной оболочке	10—15

Температура вспышки при времени задержки 5 с, °С	290–300
Минимальная энергия зажигания пылевоздушной смеси, Дж	$2{,}8 \cdot 10^{-3}$
Удельное электрическое сопротивление, Ом · м	$10^{7}-10^{10}$

2.2. ДЕТОНИРУЮЩАЯ ЛЕНТА

Для передачи детонации зарядам взрывчатых веществ при взрывных работах на земной поверхности используется **детонирующая лента.**

С целью повышения безотказности она имеет внутреннее дублирование: состоит из двух независимо изготовленных детонационноспособных слоев ВВ, соединенных между собой по всей длине. С обеих сторон она покрыта упрочняющей подложкой из стеклоткани, пропитанной каучуком.

Лента изготавливается из водо- и нефтестойкого продукта переработки компонента бездымного пороха — эластита. Поставляется в виде скважинных отрезков, состоящих из одного куска длиной 20 м, и магистральных линий длиной по 50 или 100 м, которые могут быть в виде коротких отрезков, соединенных жестяными муфтами (прочность соединения — не менее 150 Н).

Ленту ДЛ-3-20 в диапазоне температур от −30 до +50 °С рекомендуется использовать вместо шнуров ДШ-А, ДШ-В и ДШЭ-12 во всех условиях, в которых они применяются на открытых горных и сейсморазведочных работах, особенно в обводненных скважинах, в контакте с ВВ, содержащими нефтепродукты, и в скважинах огневого бурения, а также в тех горнотехнических условиях, где особенное значение имеет надежность прохождения детонации и взрывобезопасность.

По классификации ОСТ 84-2158 — 84, принятой в "Единых правилах безопасности при взрывных работах" 26.06.89, по условиям применения ДЛ-3-20 относится к 1 классу (непредохранительные ВВ для взрывания только на земной поверхности), а также к группе 1 класса "Специальный" (взрывные работы на земной поверхности: импульсная обработка металлов, инициирование скважинных и сосредоточенных зарядов, контурное взрывание, разрушение мерзлых грунтов, взрывное дробление негабаритных кусков породы, сейсморазведочные работы и др.).

При температуре до 25 °С водостойкость ленты (не зависящая от глубины) — не менее 10 сут, нефтестойкость (в дизельном топливе) — не менее 20 сут. Шашку-детонатор Т-400, выдержанную в воде 5 сут, надежно инициируют одной лентой.

Лента обладает низкой чувствительностью к возбуждению в ней детонации, она не детонирует:

— от ударов, которые реально могут возникать в услових нормальной эксплуатации:

— от взрыва электродетонатора ЭД-8, приложенного боковой стороной, без дополнительных приспособлений;

— от детонации патрона аммонита 6ЖВ, при размещении ленты сбоку и внутри патрона;

— от удара стальной пластины, метаемой взрывом тротиловой шашки массой 400 г, при расположении ленты на стальной плите;

— от разряда статического электричества.

В связи с низкой чувствительностью требуется внимательно и точно выполнять рекомендуемые приемы соединения и подрыва ленты. Подрыв капсюлем необходимо производить через пачку из 3—4 отрезков ленты, прижимая к ней капсюль торцом (рис. 2.6), подрыв детонирующим шнуром — через переходной узел с шестью витками ДШ, плотно прилегающими друг к другу (рис. 2.7), и путем продольного соединения отрезков ленты с помощью специальной пряжки (рис. 2.8), поставляемой в комплекте с лентой.

Для короткозамедленного взрывания рекомендуется специальное детонационное реле. В случае использования КЗДШ

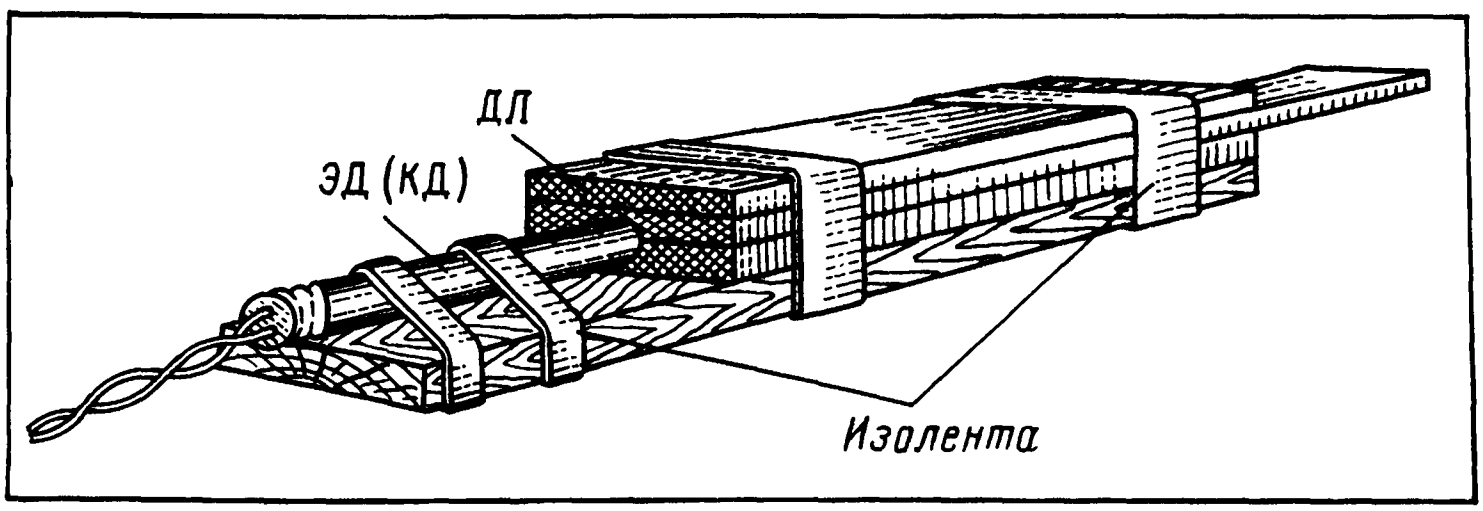

Рис. 2.6. Подрыв ДЛ капсюлем с помощью отрезков ДЛ, деревянной планки и изоленты

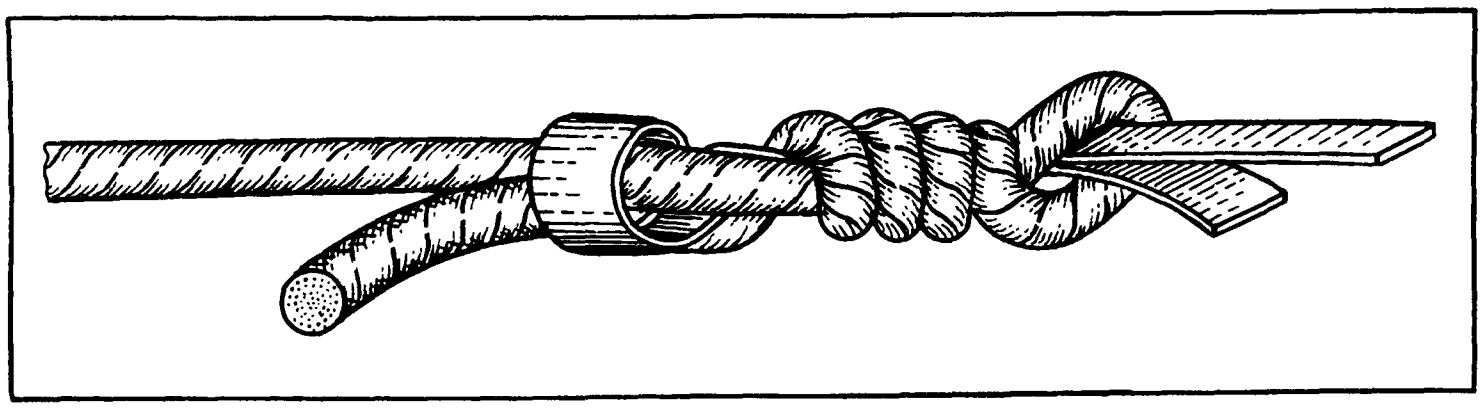

Рис. 2.7. Переходной узел ДШ-ДЛ

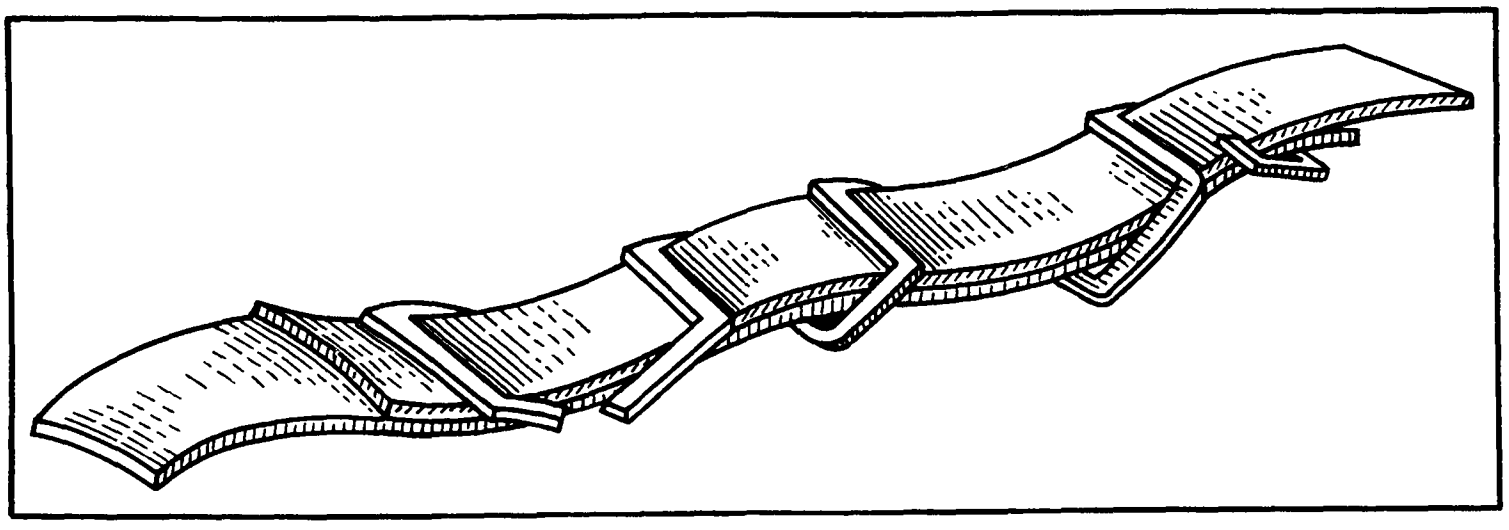

Рис. 2.8. Продольное соединение ДЛ с помощью пряжки

к его выводному концу необходимо присоединять переходной узел ДШ-ДЛ, изготовив его по рис. 2.7.

Ответвления ленты при известном заранее направлении детонации рекомендуется выполнять с помощью пряжки, показанной на рис. 2.8, соблюдая направление, показанное на рис. 2.9.

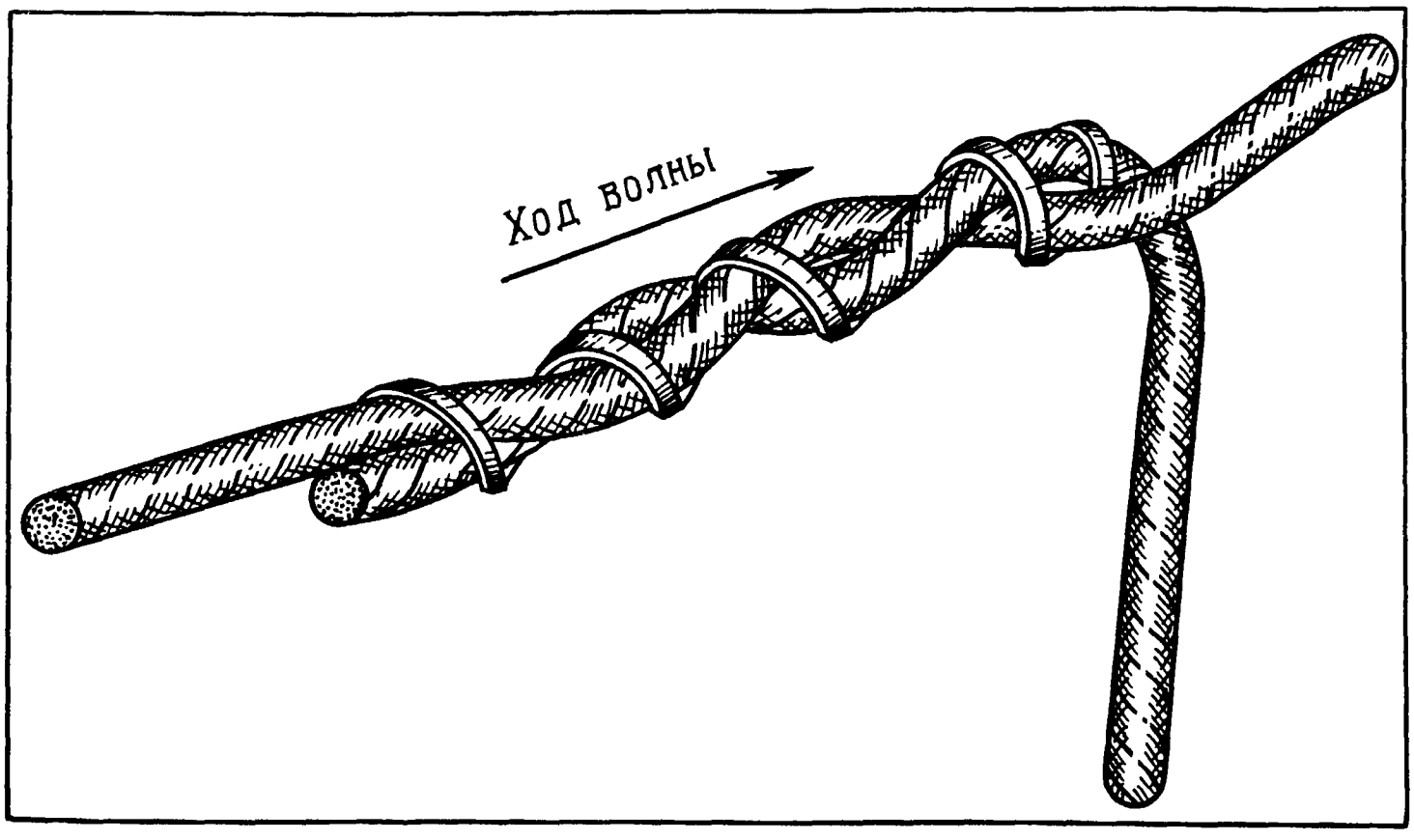

Рис. 2.9. Присоединение ответвления с помощью пряжки ДЛ

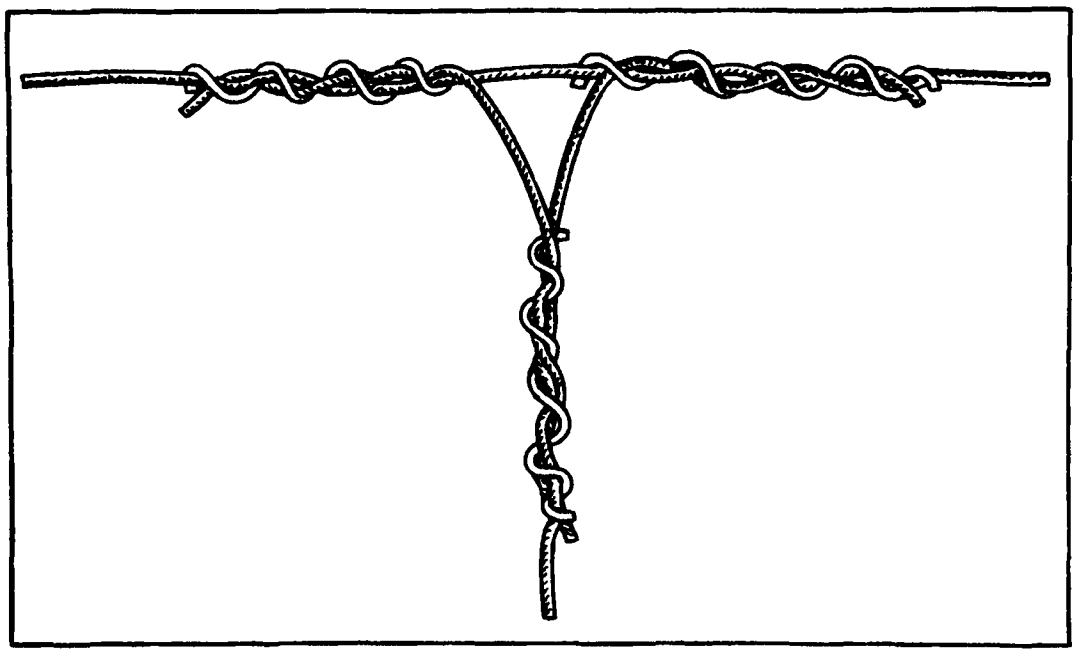

Рис. 2.10. Трехстороннее соединение магистралей при кольцевой схеме тремя пряжками ДЛ

При монтаже кольцевых схем, когда направление детонации в магистралях не определено заранее, рекомендуется использовать специальные поперечные соединители, которые обеспечивают прохождение детонации во всех направлениях. При отсутствии таких соединителей все ответвления к магистралям следует присоединять треугольником с помощью трех пряжек (рис. 2.10).

При совместном использовании шнуров и ленты следует помнить, что лента возбуждает детонацию в шнуре при соединении любым узлом, а шнур в ленте — только через переходной узел ДШ-ДЛ (см. рис. 2.7). При кольцевой схеме общую и секционную магистрали, если одна из них выполнена из шнуров, а другая из ленты, необходимо соединять через переходной узел ДШ-ДЛ. Запрещается

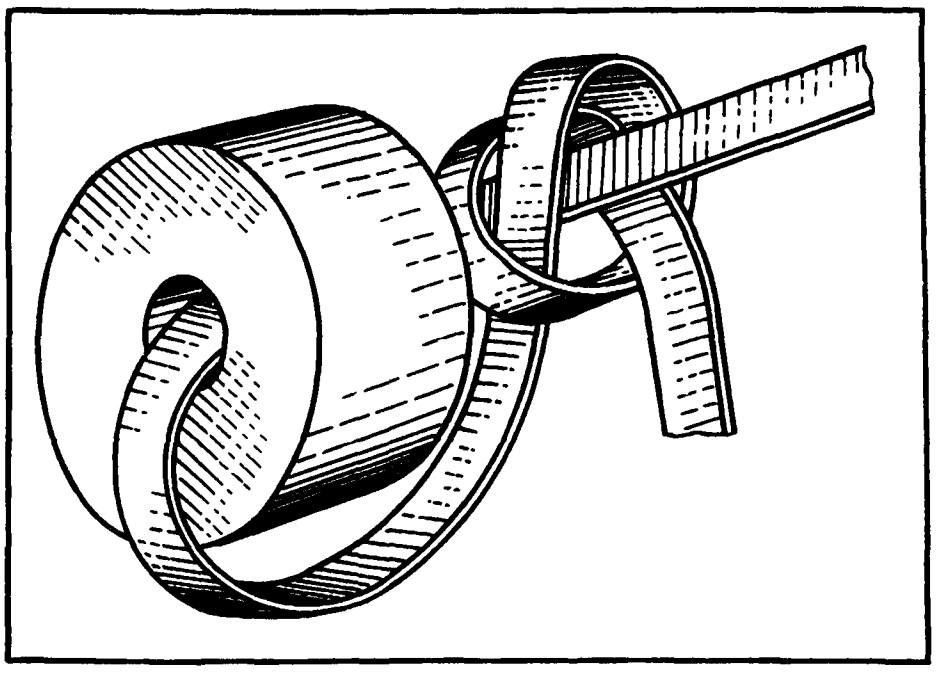

Рис. 2.11. Присоединение шашки-детонатора к ДЛ

прокладывать шнур и ленту рядом или скручивать между собой для дублирования.

К шашке-детонатору или патрону-боевику ленту можно присоединять в одну нитку с закреплением любым узлом, обеспечивающим механическую прочность (рис. 2.11). Разрешается опускать боевик в скважину на ленте без применения шпагата. Не рекомендуется опускать в скважину отрезок ДЛ, имеющий соединение муфтой или пряжкой.

Во избежание повреждения ленты, приводящего к отказам, запрещается переезжать разложенную ленту всеми видами транспорта, наступать на нее, подвергать ударам. При раскладке не допускаются петли, острые углы, неправильное присоединение (рис. 2.12). Обнаруженные при раскладке дефекты ДЛ следует вырезать, захватив дополнительно по 50 – 100 мм с каждой стороны.

При монтаже взрывной сети необходимо учитывать, что жестяные муфты, имеющиеся на магистральных линиях ДЛ, при взрыве дают осколки, которые могут повредить и даже поджечь близко расположенные (2 – 3 м) участки других линий ДЛ, взрываемых позже. Поэтому использовать магистральные линии с жестяными муфтами допускается только в одиночных магистралях и при коммутации взрывных элементов без короткозамедленного взрывания.

Лента горюча. При поджигании или нагреве до 167 °С она загорается и горит без взрыва. При горении бухты быстро образуется большой факел пламени.

Во время работы с лентой в помещении двери должны быть не заперты и открываться наружу. Между людьми и дверью не должно быть ни ленты, ни каких-либо предметов. В случае загорания ленты люди должны немедленно покинуть помещение. Только после выгорания ленты можно приступать к ликвидации очага пожара. При этом необходимо избегать вдыхания продуктов горения эластита.

В случае загорания ленты на открытом воздухе следует отрезать горящий конец и дать ему догореть под наблюдением.

Уничтожать ленту следует только сжиганием, без тары, за один раз не более 500 м. Лента должна быть уложена на грунт навалом, свободно. Поджигание должно производиться через отрезок ленты длиной 3 – 7 м, проложенный с

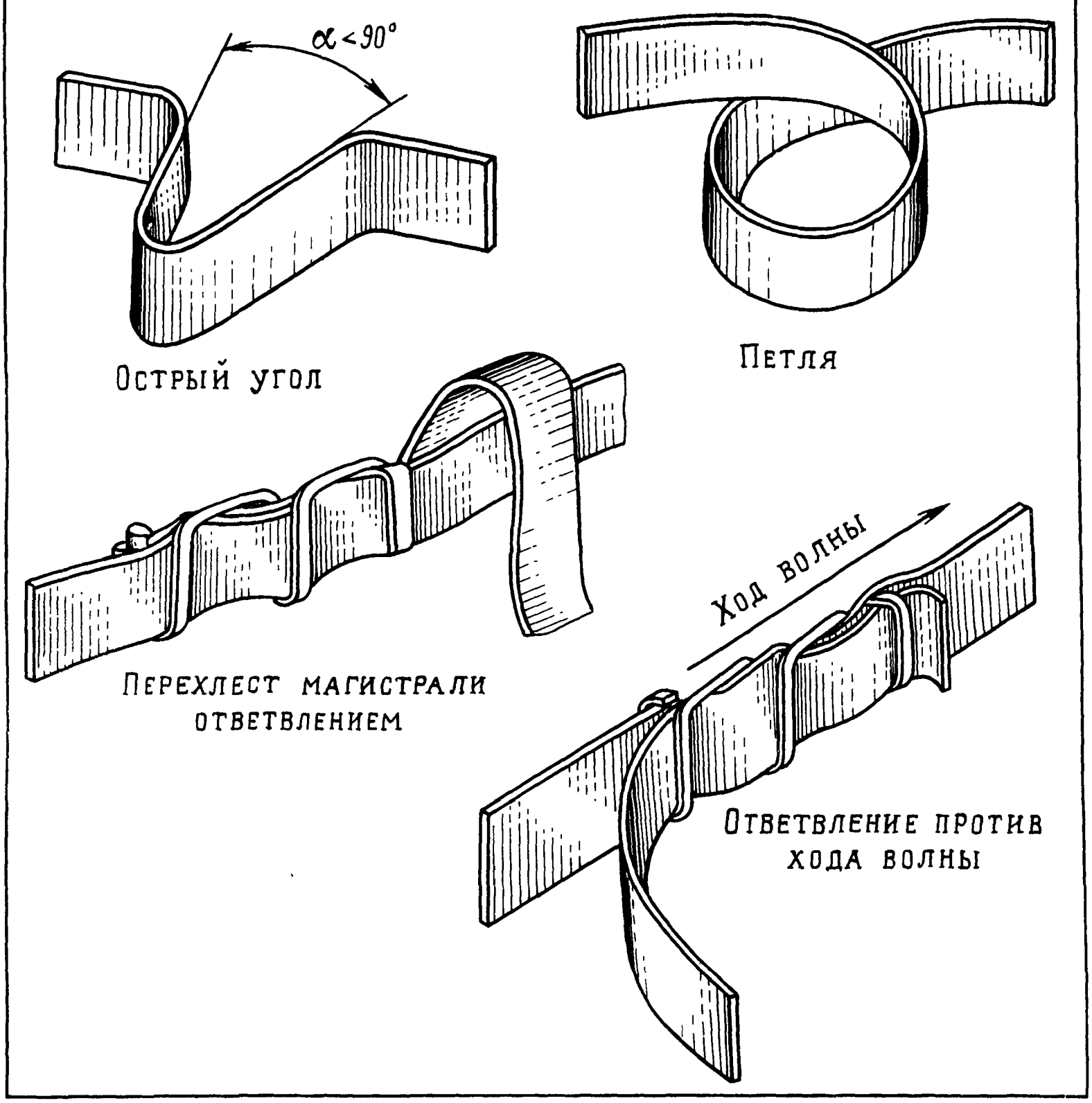

Рис. 2.12. Недопустимые ошибки при монтаже схем из ДЛ

подветренной стороны, чтобы огонь шел по нему против ветра.

По степени воздействия на организм человека ДЛ-3-20 относится ко 2 классу опасности. Она содержит нитроэфиры, и при длительной работе с ней незащищенными руками может возникать головная боль. Поэтому необходимо работать в трикотажных хлопчатобумажных перчатках или смазывать руки защитной смазкой.

Транспортировка ДЛ от предприятия-изготовителя к потребителю должна осуществляться автомобильным, железно-

дорожным, воздушным, речным и морским транспортом в соответствии с правилами, действующими на указанных видах транспорта в части опасных грузов класса 1.3С (разряд МПС – 6).

Транспортировка ДЛ между расходным складом, помещением для подготовки и местом использования может производиться в таре предприятия-изготовителя или в сумках и кассетах, допущенных к использованию Госгортехнадзором России, с соблюдением требований "Единых правил безопасности при взрывных работах" в части детонирующих шнуров.

Лента ДЛ-3-20 выпускается в виде отрезков длиной 20 ± ± 0,3 м (скважинные отрезки) и 50 или 100 ± 0,5 м (магистральные линии). Допускается по заявке потребителя изготавливать скважинные отрезки и магистральные линии другой длины, выдерживая ее с погрешностью не более указанной.

Магистральные линии по согласованию с потребителем могут поставляться составными из отрезков меньшей длины (не более 10 отрезков на 100 м), соединяемых между собой внахлест с закреплением жестяной муфтой.

Лента ДЛ-3-20 поставляется партиями общей длиной не более 100 км. Допускается поставка партий частями.

Каждая партия ленты содержит скважинные отрезки, количество которых должно определяться потребителем при заказе. Если количество скважинных отрезков и пряжек не оговорено при заказе, то оно должно определяться из расчета скважинных отрезков – 50 % партии по длине, пряжек – 100 шт. на 1 км ленты.

К каждой партии ленты прикладывается инструкция по применению в количестве, оговариваемом потребителем при заказе продукции, но не менее 5 экз. в каждый адрес.

2.3. РАКЕТНЫЕ ТВЕРДЫЕ ТОПЛИВА

Большую группу изделий, уничтожаемых МО РФ по истечении гарантийного срока хранения, составляют пороховые твердотопливные элементы двигательных установок ракет и реактивных снарядов – баллиститные ракетные топлива (БРТ). Подобные твердотопливные элементы представляют со-

бой шашки с цилиндрической или эллиптической образующей диаметром от 36 до 250 мм и длиной от 0,3 до 2,6 м из баллиститных ракетных порохов марок РСИ, РНДСИ, РСТ и т.п. Используются такие шашки в качестве зарядов промышленного ВВ для взрывных работ на земной поверхности в обводненных скважинах, а также для разрушения пород с коэффициентом крепости до 20 (по шкале М.М. Протодьяконова) во всех климатических районах СНГ при температурах от +50 до −50 °С.

Цилиндрическая форма шашек БРТ позволяет использовать их в качестве промышленного ВВ не только в котловых и сосредоточенных зарядах, но также и в скважинных зарядах.

Заряды БРТ в пороховых аккумуляторах могут оказывать необходимое давление на рабочее тело, например на воду, для создания высокоскоростных узких струй, способных резать на необходимые заготовки (штучные камни) блоки мрамора, известняка, туфа.

В состав баллиститных ракетных твердых топлив (БРТТ) входят следующие компоненты:

— нитроцеллюлоза, пластифицированная нитроглицерином и другими дополнительными пластификаторами (диэтиленгликольдинитратом, дибутилфталатом и др.), — основа составов, обеспечивающая основные характеристики топлива как взрывчатых веществ;

— стабилизаторы химической стойкости (централит, дифениламин);

— стабилизаторы и катализаторы реакции (мел, оксид магния и др.);

— технологические добавки (индустриальное масло, графит, углерод технический и др.).

Основные физико-химические и взрывчатые характеристики БРТТ марок НМФ, РСИ, РНДСИ приведены в табл. 2.6.

Минимальная энергия воспламенения при действии статического электричества 4,1 Дж.

Температура начала интенсивного термического разложения от 165 до 180 °С.

Чувствительность шашек из БРТТ марок НМФ, РСИ, РНДСИ к сбрасыванию: шашки не детонируют при сбросе их с 5 м на бетонное основание или железнодорожный рельс

Таблица 2.6

Основные характеристики БРТТ марок НМФ, РСИ, РНДСИ

Показатель	НМФ	РСИ	РНДСИ
Плотность, г/см^3	1,61	1,57	1,61
Гигроскопичность (при относительной влажности воздуха 90 %), %	0,91–1,12	0,70–0,80	0,92
Насыпная плотность крошки, г/см^3	0,6–0,7	0,6–0,7	0,6–0,7
Насыпная плотность таблетки, г/см^3	0,7–0,9	0,7–0,9	0,7–0,9
Температура вспышки, °С	170–180	168–172	178–180
Чувствительность к удару по ОСТ 884-892–74: нижний предел (при грузе 10 кг), мм	100	125	75
Чувствительность к трению при ударном сдвиге на приборе К-44-Ш по ОСТ 884-895–74, МПа	154,3	124,6	124,6
Критический диаметр детонации для изделий в виде заряда, мм	16–25	3–5	3–6
Расстояние передачи детонации для изделий в виде заряда, мм:			
диаметром 40 мм	6–8	14–20	17–20
диаметром 100 мм	–	40–60	–
Критическое давление возбуждения детонации изделий в виде заряда, кбар	80	40–45	40–45
Скорость детонации для изделий в виде зарядов, км/с	6,8	7,0	7,0

при температуре испытаний от +50 до −50 °С; шашки марки РСИ не детонируют при сбрасывании без трения о стенки в сухую скважину с высоты 30 м, а заряды РНДСИ и НМФ – с высоты 20 м.

Весь нитроглицерин в составах находится в связанном состоянии с нитроцеллюлозой (коллоксилином), т.е. экссудация нитроглицерина на поверхность заряда в температурном диапазоне от +50 до −50 °С отсутствует.

Шашки укладывают в специальную тару, помещенную в деревянные опломбированные ящики.

На ящики с шашками, предназначенными для взрывных работ, наносят четко, несмываемой краской надписи: "Не бросать", "Не кантовать". Знак опасности, марка состава заряда, номер партии, количество изделий, масса брутто, номер ящика в партии – указываются в ярлыке.

По условиям применения шашки относятся к 1 классу, по степени опасности при хранении и транспортировке к взрывчатым материалам 1 класса, подкласса 1.4 группы совместимости D.

На автомобилях шашки можно перевозить на расстояние до 1 000 км по дорогам с твердым покрытием со скоростью до 50 км/ч, по грунтовым дорогам — со скоростью до 30 км/ч. Железнодорожным и воздушным транспортом — без ограничений скорости.

Перевозку шашек другими видами транспорта производят в соответствии с действующими правилами перевозки опасных грузов.

Гарантийные сроки хранения шашек на складах или площадках указываются предприятием-поставщиком в сопроводительной документации на каждую партию зарядов.

Перевозка шашек к месту использования производится с помощью средств, предназначенных для этой цели и разрешенных Госгортехнадзором РФ.

По степени вредного воздействия на организм человека шашки относятся ко второму классу опасности (по классу опасности наиболее токсичного компонента, входящего в их состав).

При работе с шашками следует применять индивидуальные средства защиты (спецодежду, защитные перчатки) согласно типовым нормам, а также соблюдать меры личной гигиены.

Шашки являются взрыво- и пожароопасными веществами. При любых операциях с ними должна соблюдаться максимальная осторожность.

Шашки необходимо оберегать от прямых солнечных лучей, огня. Запрещается располагать их вблизи отопительных систем.

Инструменты и средства, применяемые при работе с шашками, изготавливаются из материалов, не дающих искр при ударе и трении.

В случае загорания предметов и материалов, находящихся вблизи от шашек, используются штатные средства пожаротушения: вода, пенные и углекислотные огнетушители. При загорании шашек работающий персонал должен быть немедленно удален от места загорания на безопасное расстояние. После выгорания шашек для локализации очага

пожара следует применять штатные средства пожаротушения.

Для надежного инициирования шашек необходимо использовать промежуточные детонаторы из двух шашек прессованного тротила (типа Т-400Г или ТГ-500), помещаемых вместе с 4—5 кг гранулотола в отрезок полиэтиленового рукава.

Уничтожать непригодные для применения шашки следует взрыванием в соответствии с "Едиными правилами безопасности при взрывных работах".

Заряжание скважин шашками осуществляется на шнуре. Допускается производить заряжание полностью обводненных скважин свободным погружением шашек. Диаметр шашек должен составлять не более 0,8 диаметра скважины. Инициирование заряда из шашек — прямое. Детонатор устанавливается на шнуре на верхнем торце колонки заряда из шашек. При массе шашек свыше 30 кг заряжание скважины должно осуществляться с помощью грузоподъемных средств, допущенных Госгортехнадзором РФ.

При зазоре между колонкой заряда из шашек и стенкой скважины более 100 мм допускается дополнительно после установки колонки заряда из шашек заполнять пространство между стенками скважин и колонкой гранулированным водостойким ВВ. При этом допускается промежуточный детонатор из двух шашек типа Т-400Г или ТГ-500 размещать в центральной части досыпаемого ВВ.

Отказавшие скважинные заряды ликвидируют взрыванием в соответствии с требованиями "Единых правил безопасности при взрывных работах". Если ликвидация отказавших зарядов производится взрыванием во вспомогательно пройденных скважинах, то заряжание последних необходимо осуществлять промышленными ВМ. После взрыва заряда ВМ оставшиеся куски БРТТ должны быть собраны и уничтожены только подрывом в траншеях, ямах и т.д.

Твердотопливные пороховые элементы (шашки) выполняются, как правило, вкладными, поэтому при расснаряжении ракет и реактивных снарядов они достаточно просто извлекаются из корпуса двигателя, а их бронировка (графитирование) с торцевой или образующей поверхности не вызывает сложностей при передаче детонации от шашки

к шашке и практически не влияет на экологическое состояние окружающей среды.

2.4. ПОРОХА

Среди регулярно уничтожаемых МО РФ взрывчатых материалов зерненые бездымные и дымные пороха уже давно использовались в горной промышленности, например, при добыче штучного камня. Пороха как зерненые, так и в виде шашек, несмотря на потерю ими стабильных внутрибаллистических свойств (что и определяет необходимость их снятия с вооружения по истечении гарантийного срока хранения), в то же время надежно детонируют от промежуточного детонатора и могут быть применены для дробления и метания горной породы.

Для производства взрывных работ допускаются *коллоидные* и *дымные* пороха. Коллоидные пороха по химической стойкости, срокам очередных испытаний, а также условиям хранения и обращения подразделяются **на 3 группы.**

I группа — пороха химически стойкие и безопасные в обращении. Их проверяют на химическую стойкость в очередные сроки испытаний, указанные в паспорте, но не реже одного раза в год;

II группа — пороха с пониженной химической стойкостью, но безопасные в обращении. Длительному хранению не подлежат. Их испытания на химическую стойкость проводят не реже одного раза в 6 месяцев, но если есть сомнения в их доброкачественности, определяемой по внешним признакам (изменение цвета, появление запаха оксидов азота и т.п.), то испытания порохов проводят раз в месяц;

III группа – пороха химически нестойкие и опасные в обращении. Применение порохов III группы на взрывных работах запрещается.

Лица, занятые на погрузочно-разгрузочных работах, а также на работах по растариванию коллоидных и дымных порохов и заряжанию камер, должны быть проинструктированы под роспись руководителем взрывных работ о свойствах и особенностях применяемых порохов и мерах предосторожности при обращении с ними (ящики или меш-

ки с порохом не бросать, при вскрытии ящиков пользоваться инструментом, не дающим искры, исключать случаи просыпания пороха, при переупаковке дымных порохов пользоваться противопыльными респираторами).

Пороха более чувствительны к внешним воздействиям, чем другие промышленные ВВ, поэтому при работе с порохами требуется соблюдать особую осторожность и использовать пороха только при таких работах, где отсутствует возможность их замены другими промышленными ВВ.

Коллоидные пороха классифицируются по летучим свойствам растворителя нитратов целлюлозы, применяемого при их изготовлении:

— на летучем растворителе — пироксилиновые;
— на труднолетучем — баллиститные;
— на смешанном растворителе — кордитные.

Коллоидные пороха представляют собой плотные роговидные вещества, имеющие высокую механическую прочность. Цвет пороха, в зависимости от его состава, изменяется от светло-желтого до черного. В процессе хранения цвет пороха может изменяться.

По форме пороховых элементов различают пороха цилиндрические, прямоугольные, пластинчатые, ленточные, трубчатые, в виде колец, нитей, спиралей и т.п. Коллоидные пороха в ви́де цилиндриков (без каналов или с каналами), прямоугольников и пластинок, обладающие сыпучестью, называют **зернеными.** Это, как правило, пироксилиновые пороха. Сыпучесть зерненых порохов зависит от их размеров и качества обработки поверхности.

Плотность пороховых элементов в зависимости от состава пороха составляет, г/см^3:

Пироксилиновых ..... 1,5—1,6
Баллиститных ..... 1,54—1,65
Кордитных ..... 1,52—1,62

Коллоидные пороха, особенно россыпные, очень чувствительны к тепловому импульсу и искровому разряду. При пересыпании они могут электризоваться до высоких потенциалов, что может привести к искровому разряду и вызвать воспламенение пороховой пыли или паров летучего растворителя.

Коллоидные пороха легко воспламеняются от огнепроводного шнура.

По чувствительности к удару коллоидные пороха аналогичны динамитам, т.е. наиболее чувствительным промышленным ВВ.

При длительном хранении коллоидных порохов возможно изменение их состава во всей массе или перераспределение некоторых компонентов по слоям пороховых элементов. Способность пороха противостоять в процессе хранения подобным изменениям называется физической стабильностью. Физическая стабильность порохов на труднолетучем растворителе выше, чем пироксилиновых. У пироксилиновых порохов нарушение физической стабильности связано с уменьшением летучих веществ и изменением содержания флегматизатора. У баллиститных порохов это нарушение связано с процессами экссудации и выцветания.

Экссудацией или "выпотеванием" называется процесс выделения из пороха труднолетучего растворителя в жидком состоянии на поверхность пороховых элементов. Экссудация происходит в основном при низких температурах.

Выцветанием называется процесс выкристаллизации на поверхности пороховых элементов твердых компонентов пороха.

Химической стойкостью порохов называется их способность сопротивляться медленному разложению при хранении. Время, в течение которого пороха сохраняют свои свойства при полной безопасности в обращении, называется сроком служебной пригодности.

Признаками разложения коллоидных порохов являются изменение цвета, появление на поверхности пороховых элементов расползающихся желтоватых пятен ("язв"), вздутий и трещин, выделение бурых оксидов азота. Такие пороха должны быть немедленно уничтожены.

Фугасность коллоидных порохов в основном зависит от состава пороха. Фугасность определяется по пробе Трауцля (как в промышленных ВВ), составляет 300 – 360 $см^3$ (тротил 285 – 310, аммонит 6ЖВ 360 – 380 $см^3$).

Бризантность коллоидных порохов, так же как и промышленных ВВ, определяется по пробе Гесса и составляет 9 – 16 мм (тротил 16, аммонит 6ЖВ 14 мм).

У сухих пироксилиновых и баллиститных порохов скорость детонации составляет соответственно 5000 – 5500 и

5500 – 6000 м/с. В водонаполненном состоянии скорость детонации пироксилиновых и баллиститных порохов практически одинакова – 5500 – 6500 м/с.

Теплота взрывчатого превращения зависит от состава пороха.

Восприимчивость коллоидных порохов к детонации зависит от их состава, формы и размеров. Пироксилиновые пороха мелких фракций (винтовочные) надежно детонируют от капсюля-детонатора № 8. Для возбуждения детонации остальных видов порохов требуется промежуточный детонатор.

Полная идеальная работа взрыва коллоидных порохов, особенно в водонаполненном состоянии, находится на уровне гранулотола.

В зависимости от назначения и фракционного состава дымные пороха имеют следующие марки:

– КЗДП-1, КЗДП-2 и КЗДП-0 – крупнозернистые № 1, 2 и особый;

– ДРП-1, ДРП-2, ДРП-3 – ружейные № 1, 2 и 3;

– ДРП-2Пр, ДРП-3Пр, ДРП-4Пр – ружейные № 2, 3, 4 для прессованных изделий;

– ДРП-2ПГ, ДРП-3ПГ – ружейные № 2 и 3;

– ДШП – шнуровой порох;

– ДОП-от и ДОП-об – охотничий отборный и обыкновенный;

– ДМП-1 и ДМП-2 – минные пороха;

– ДВП – порох для взрывных работ на земной поверхности;

– ПМ – пороховая мякоть.

Дымные пороха представляют собой зернистую или порошкообразную механическую смесь, состоящую из калиевой селитры, древесного угля и серы в различных соотношениях.

По внешнему виду зерненые пороха представляют собой полированные зерна серовато-черного цвета, не имеющие на поверхности налета выкристаллизовавшейся селитры и желтоватых крапин серы. Минный порох – зерна с металлическим отливом, покрытые графитом. Пороховая мякоть – порошок серовато-черного цвета. В порохах не должно быть посторонних примесей.

По физическим свойствам (показателям) дымный порох марки ДВП должен соответствовать следующим требованиям и нормам.

Гигроскопичность, не более, % 1,5
Плотность, г/см^3:
гравиметрическая ..... 0,87 – 1,1
действительная (не более) 1,77
Массовая доля пороховой пыли, % 0,1

Чувствительность к удару дымных порохов намного ниже, чем промышленных ВВ. При испытании их по стандартной методике (удар груза массой 10 кг с высоты 25 см) число взрывов составляет 1 – 2 %.

Чувствительность к трению дымных порохов зависит от количества пороховой пыли. Как правило, трение таких комбинаций металлов, покрытых пороховой пылью, как железо – железо, латунь – железо и т.п., приводит к воспламенению пороха. Поэтому при обращении с порохами необходимо следить за тем, чтобы пороховая пыль не оседала на трущихся деталях.

Дымные пороха очень чувствительны к тепловому импульсу луча огня, искры и электрическому разряду. При этом чувствительность их резко возрастает при наличии пороховой пыли. Температура вспышки дымного пороха, определенная по стандартной методике, составляет 290 – 310 °С.

Искра от удара стали о камень приводит к воспламенению пороха.

Дымные пороха легко воспламеняются от огнепроводного шнура (ОШ). Дымные пороха надежно детонируют при диаметре шпуров 40 мм и более.

Пороха являются токсичными, взрывопожароопасными веществами. Их токсичность обусловлена токсичностью входящих в состав порохов компонентов.

При переупаковке сыпучих пироксилиновых и дымных порохов, а также при заряжании шпуров дымными порохами необходимо применять противопыльные респираторы типа "Лепесток" и соблюдать меры личной гигиены.

При любых операциях с порохами должна соблюдаться максимальная осторожность: ящики с порохом не должны подвергаться ударам и толчкам, запрещается бросать, волочить, перекатывать (кантовать) и ударять ящики с порохами.

При всех работах с порохами запрещается курить, а также иметь при себе огнестрельное оружие, спички и другие зажигательные принадлежности. Спички разрешается иметь только взрывникам и лаборантам, которые в процессе работы или при испытаниях производят зажигание огнепроводного шнура.

Запрещается применять открытый огонь ближе 100 м от места работ с порохами.

Вскрытие отдельного ящика с порохом (для отбора проб при их испытании или выдаче по наряду-путевке) производится в тамбуре, хранилище или не ближе 20 м от хранилища.

Экссудирующие коллоидные пороха, а также коллоидные пороха с явными признаками разложения и все виды дымных порохов, пришедших в негодность и не отвечающих требованиям соответствующих ГОСТов и ТУ, подлежат уничтожению в порядке, установленном "Временной инструкцией по уничтожению ВМ"", и в соответствии с требованиями "Единых правил безопасности при взрывных работах".

Дымные пороха уничтожают сжиганием или растворением в воде. При растворении дымных порохов в воде оставшийся твердый остаток после естественной просушки следует сжигать.

Вода, применяющаяся для растворения дымных порохов, должна иметь температуру не выше +80 °С.

Пироксилиновые пороха уничтожают сжиганием. Следует иметь в виду, что при горении трубчатых порохов происходит их разбрасывание, поэтому их сжигание необходимо проводить в траншеях или оврагах.

Баллиститные пороха, вследствие разбрасывания их при горении на большие расстояния, необходимо уничтожать только взрыванием.

Взрывание баллиститных порохов следует производить в заводской упаковке (металлических оцинкованных ящиках), размещаемой в траншеях, ямах, старых выработках и т.п.

Коллоидные пороха могут применяться при взрывных работах методами накладных (только при взрывании под водой), скважинных, котловых, камерных и траншейных зарядов.

Изготовление накладных зарядов после доставки порохов к месту взрывных работ в заводской упаковке следует производить на берегу не ближе 50 м от места их хранения или на специально оборудованных для этой цели плавсредствах (баржах, понтонах и т.п.).

Патроны-боевики необходимо изготавливать на берегу в специально отведенных местах или в помещении подготовки ВМ на плавсредствах.

Патроны-боевики должны состоять из шашек Т-400Г или ТГ-500 и водостойкого детонирующего шнура типа ДШВ, ДШЭ. Масса патрона-боевика должна быть не менее 1,6—2,0 кг.

Для инициирования зарядов из россыпных пироксилиновых порохов в мешках или рукавах разрешается применять патроны-боевики из патронированного аммонита 6ЖВ (при этом патрон-боевик должен быть гидроизолирован) или из аммонита скального № 1. Масса патрона-боевика должна быть не менее 2,0—2,5 кг.

Для гидроизоляции патрона-боевика из аммонитов 6ЖВ его помещают в полиэтиленовую оболочку (мешок), при этом указанную оболочку в месте выхода из патрона ДШ плотно перетягивают изоляционной лентой.

Патрон-боевик должен располагаться на боковой поверхности заряда из трубчатых порохов. Плотное прилегание патрона-боевика к боковой поверхности заряда обеспечивается с помощью изоляционной ленты.

Для лучшей потопляемости заряда и более плотного прилегания его ко дну водоема на поверхности заряда или внутри мешка или рукава разрешается располагать дополнительный груз (балласт из песка).

В качестве накладных зарядов разрешается использовать пороха непосредственно в металлической заводской упаковке, при этом толщина слоя воды над зарядом должна быть не менее 2 м.

Заряжание скважин россыпными пироксилиновыми порохами следует производить с помощью воронок. При заряжании скважин зарядами из трубчатых порохов применение воронок не обязательно.

Опускать заряды из трубчатых порохов в скважину разрешается только при помощи веревки или шпагата.

Заряжание скважин порохами на подводных взрывных работах осуществляется по зарядным или обсадным трубам; использование веревки или шпагата в этом случае не обязательно.

При заряжании обводненных скважин зарядами из трубчатых порохов промежуточный детонатор следует располагать на торцевой поверхности заряда, при этом плотное прилегание его к заряду обеспечивается изоляционной лентой.

При заряжании порохами сухих скважин в качестве промежуточного детонатора применяют россыпной порошкообразный или патронированный аммонит 6ЖВ. Масса промежуточного детонатора из россыпных порошкообразных ВВ берется равной 5—10 % от массы заряда, а из патронированных ВВ — не менее 2,0—2,5 кг.

При заряжании порохами обводненных скважин в качестве промежуточного детонатора необходимо применять шашки Т-400Г или ТГ-500 массой не менее 1,6—2,0 кг или патронированный аммонит 6ЖВ массой не менее 2,0—2,5 кг при условии их гидроизоляции.

Заряжать котловые полости необходимо только россыпными пироксилиновыми порохами.

Заряжать котловые полости разрешается не ранее чем через 30 мин после простреливания скважин.

Простреливку скважин производят зарядами из промышленных ВВ.

В качестве промежуточного детонатора при взрывании котлового заряда разрешается применять шашки Т-400Г или ТГ-500 массой не менее 1,6—2,0 кг или патронированные аммонит 6ЖВ и аммонит скальный № 1 массой не менее 2,0—2,5 кг, или россыпной порошкообразный аммонит 6ЖВ массой 5—10 % от массы основного заряда.

При заряжании порохами обводненных котловых скважин промежуточные детонаторы из россыпных ВВ, в том числе патронированных, должны быть гидроизолированы.

При заряжании котловых полостей промежуточные детонаторы должны быть опущены в них после засыпки порохов (50 % от массы заряда).

При взрывании с помощью ДШ промежуточный детонатор в котловую скважину может быть опущен после засыпки порохов (10 % от массы заряда).

Камеры можно заряжать коллоидными порохами в мешках (после переупаковки) или металлических заводских ящиках, а также россыпными пироксилиновыми порохами.

Опускать мешки (ящики) с порохами следует при помощи подъемных устройств и механизмов, оборудованных тормозами, или на веревках вручную.

Заряжать камеру россыпными пироксилиновыми порохами разрешается по трубам или по специально пробуренным скважинам.

Мешки (ящики) с порохом размещают в камере плотно один к другому.

После укладки всех мешков (ящиков) в зарядной камере разрешается заполнять пространство между ними россыпными пироксилиновыми порохами.

Инициирование взрыва камерного заряда должно производиться не менее чем от двух промежуточных детонаторов, помещаемых в заряд после загрузки 80—100 % массы заряда.

Для обеспечения надежной детонации заряда масса промежуточного детонатора из порошкообразного аммонита 6ЖВ или граммонита 79/21 должна быть не менее 10 кг, а из шашек Т-400Г, ТГ-500 или патронированных аммонита 6ЖВ и аммонита скального № 1 — не менее 5 кг.

При взрывании зарядов в мешках или металлических ящиках промежуточный детонатор размещают внутри мешка или ящика.

Взрывные работы с применением дымных порохов производят для отделения блоков штучного камня скальных пород от массива методом шпуровых зарядов.

В обводненных условиях заряды из дымного пороха гидроизолируют с помощью полиэтиленовых оболочек.

Массу зарядов и параметры их расположения выбирают в зависимости от отбиваемого блока при добыче штучного камня, крепости породы, мощности взрываемого пласта. Как правило, расстояния между зарядами и их массу определяют опытным путем. При этом необходимо, чтобы заряды произвели только отрыв блока от массива без дробления блока и забоя массива.

Длина забойки должна быть не менее 0,5 глубины шпура.

После бурения шпуров они должны быть тщательно

очищены от буровой мелочи (продувкой) и закрыты деревянными пробками. Перед заряжанием проверяют состояние шпуров и, если это необходимо, производят повторную продувку. Площадка вокруг шпуров в радиусе 0,7 м должна быть очищена от камней и бурового шлама.

При заряжании шпуров разрешается пользоваться инструментом (забойники, мерные кружки, совки, зарядные воронки), изготовленным из материалов, не дающих искр.

Засыпать пороха в шпуры следует только через зарядные воронки совком или мерной кружкой; просыпавшийся порох должен быть тщательно собран для последующего уничтожения.

Взрывать пороховые заряды необходимо электроогневым способом или с помощью ДШ.

После взрыва проводят тщательный осмотр места работ с целью определения полноты взрыва, отсутствия отказов и разброса пороха; если обнаружено разбрасывание пороха, его следует тщательно собрать для последующего уничтожения.

Отказавшие шпуровые, скважинные, котловые и камерные пороховые заряды ликвидируют в соответствии с требованиями "Единых правил безопасности при взрывных работах". Если ликвидация отказавших пороховых зарядов производится взрыванием во вспомогательно пройденных выработках, то заряжание последних необходимо осуществлять промышленными ВВ. После взрыва ВВ оставшийся порох должен быть собран и уничтожен.

Отказавшие траншейные заряды из коллоидных порохов уничтожают повторным взрыванием. Если отказ произошел из-за недостаточной массы промежуточного детонатора (взрывная сеть сработала), то траншею вскрывают в местах расположения боевиков, устанавливают новые боевики большей мощности (массы) и после забойки повторно взрывают. На ликвидацию отказа должен быть составлен проект, который утверждают в установленном порядке. Если в этом случае произошел повторный отказ, то траншею следует вскрыть на всю длину заряда.

Вскрывать заряженную порохами траншею экскаватором можно не доходя 0,5—0,6 м до поверхности заряда, а оставшуюся часть грунта (забойки) осторожно удаляют

вручную с помощью деревянных лопат (до обнажения порохового заряда). После этого на поверхность заряда насыпают слой аммонита 6ЖВ толщиной 10—15 см или кладут по всей длине заряда вплотную друг к другу мешки с аммонитом 6ЖВ. Установив промежуточные детонаторы, делают забойку траншеи и взрывают.

После взрыва несдетонировавший порох должен быть собран и уничтожен.

Большая часть порохов трубчатой формы, извлекаемых при расснаряжении выстрела из гильз в пучках, сохраняет детонационные свойства, близкие к зерненым порохам, обладает большей водостойкостью и может непосредственно использоваться в качестве траншейных, сосредоточенных камерных зарядов, на подводных работах. При необходимости механизированного скважинного заряжания трубчатые пороха могут быть в промышленных условиях пластифицированы и измельчены в крошку или таблетки.

2.5. ВЗРЫВАЮЩИЕСЯ ЧАСТИ БОЕПРИПАСОВ

Наиболее распространенными мощными бризантными ВВ (гексоген, октоген и т.п.) снаряжаются боевые взрывающиеся части (БЧ) различных классов ракет и торпед. Неразборный, герметичный корпус БЧ, имеющий, как правило, осколочную или кумулятивную оболочку, создает определенные трудности для извлечения и переработки ВВ и использования металлических оболочек корпуса. Наличие значительного осколочного действия подавляющего большинства БЧ определяет возможность их использования лишь в достаточно заглубленных зарядах: котловых или подводных. Некоторые виды БЧ могут быть использованы совместно со всей системой: ракетой, системой наведения, стрельбы и т.д. Например, известен опыт применения гранатометов с осколочно-фугасными и кумулятивными БЧ для ликвидации зависаний руды на подземных работах. Групповое применение небольших кумулятивных БЧ от противотанковых гранатометов может обеспечить эффективное прохождение скальных участков пород, расположенных по контуру выработки.

Значительные по массе заряды ВВ, сосредоточенные в

фугасных авиабомбах (ФАБ-200, ФАБ-500), а также боевые части торпед, снаряженные тротилом или тротилом с таблетками гексогена (ТГ-80), могут быть расснаряжены расплавлением в парафиновых банках, при этом работоспособность составов, содержащих гексоген, уменьшается на 20 – 30 %.

Подобные изделия (табл. 2.7) могут с успехом использоваться в качестве сосредоточенных котловых и подводных зарядов. Проведенные ранее работы подтвердили высокую экономичность применения списанных боеприпасов с большой массой заряда для углубления дна, а также при взрывах в крепких породах.

Например, расчет зарядов при применении БЗО торпед для углубления одного из каналов подводными взрывами проводился по формуле, предложенной М.М. Боресковым. В качестве линии наименьшего сопротивления (ЛНС) принималось расстояние от центра заряда до поверхности воды. При определении показателей действия взрыва радиус воронки определялся по поверхности воды в зависимости от ЛНС, глубины выемки и профиля бортов канала после взрыва. Средний удельный расход ВВ при взрывании гранитов в подводных условиях составил 4 кг/м^3.

Фактическая себестоимость 1 м^3 взрываемых пород была равна 5,5 руб. (в ценах 1991 г.).

Для отбойки и сброса горной породы в крупномасштабных взрывах при строительстве ГЭС применялись авиационные бомбы типа АБ-3000М-46, шашки бал-

Таблица 2.7

Основные характеристики взрывающихся боевых зарядных отделений (БЗО) торпед

Масса ВВ в БЗО, кг	Переводной коэффициент (к тротилу)	Габариты, м		Масса (брутто), кг
		Длина	Диаметр	
120	1,4	1,5	0,53	180
230	1,0	1,3	0,88	390
350	1,6	1,6	0,53	450
420	1,5	1,7	0,53	510

Примечание. Толщина металлических стенок корпусов БЗО составляет 3 мм.

листитного ракетного топлива и инженерные противотанковые мины в металлическом корпусе ТМ-62М.

Заряды укладывались в специально пройденные камеры по следующей схеме· на дно камеры укладывались в три слоя авиабомбы (масса одного изделия 3 т, длина 3,41 м, диаметр 820 мм). Масса тротила в одном изделии 1225 кг. В большие промежутки между бомбами и в пустоты их хвостовых частей укладывались противотанковые мины.

Поверхность этих изделий покрывалась деревянным настилом, на котором укладывались 12 слоев шашек (топливных элементов). Шашка представляла собой цилиндр диаметром 200 мм с центральным отверстием. Длина шашки — 2 м, масса — 200 кг. Шашки накрывались деревянным настилом, на который до уровня кровли выработки укладывались противотанковые мины. Мины представляли собой цилиндрические тротиловые шашки диаметром 32 см и высотой 13 см.

В целом заряд состоял из 400 шт. авиабомб, 8306 шашек (топливных элементов) и 27 000 противотанковых мин. Общая масса ВВ — 2531 т, проектная плотность укладки заряда была выдержана и составила 816 кг/м^3.

Применение указанных выше боеприпасов имеет ряд преимуществ, так как в авиабомбах и минах тротил заключен в металлические оболочки и непосредственный контакт с ним исключается, что делает работы по заряжанию более безопасными. Топливные элементы до камеры транспортируются в закрытых ящиках и извлекаются из них только в процессе штабелирования заряда.

Большую группу изделий — артиллерийские снаряды и мины по истечении гарантийного срока обычно уничтожают, выжигая или выплавляя ВВ из корпусов, а стальные или чугунные корпуса сдают на переплавку.

Применение снарядов и мин (осколочно-фугасных, кумулятивных, зажигательных, стержневых и т.д.) в горных работах нецелесообразно, поскольку их взрыв представляет значительную опасность, эффективность по фугасному действию мала, не используется материал корпусов (до 80 % массы снарядов — металл).

3. МЕТОДЫ РАССНАРЯЖЕНИЯ БОЕПРИПАСОВ ДЛЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ВЗРЫВЧАТЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

3.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Практически все страны, производящие обычные боеприпасы, всегда сталкивались с проблемой их утилизации применительно к устаревшим и снятым с вооружения, а также непригодным к использованию по прямому назначению.

В военных руководящих документах рекомендуется взрывчатые вещества и средства взрывания, непригодные для взрывных работ (ВР), уничтожать взрыванием, сжиганием, потоплением в водах морей и океанов или растворением в воде. Для уничтожения ВВ путем возбуждения в них детонационной волны (взрыванием) выбирают территорию (полигон) достаточной площади, удовлетворяющей следующим основным требованиям:

— воздействие взрывов, проводящихся на полигоне, не должно превышать допустимых норм (как и при любом производственном процессе) на окружающие объекты;

— при проведении работ необходимо гарантировать отсутствие на территории полигона людей, непосредственно не занятых в процессе уничтожения;

— расстояние от мест складирования ВВ до полигона должно обеспечивать как безопасность складских помещений, так и минимум транспортных операций.

При организации взрывных работ необходимо достигать максимальной степени реагирования ВВ (полной детонации зарядов) путем установки достаточного количества инициирующих устройств.

Основным фактором воздействия взрывных процессов на окружающую территорию является воздушная ударная волна. Ее интенсивность может быть существенно уменьшена путем частичного или полного углубления уничтожаемых боеприпасов с ВВ в грунт или производства взрывов в специальных бронированных камерах, а также путем применения глушителей в виде пены, специальных покрытий, взрывания в воде и др.

Взрывание может быть рекомендовано как метод уничтожения боеприпасов с истекшим сроком хранения и не подлежащих демонтажу ввиду опасности. Использование данного метода достаточно безопасно при соблюдении несложных правил обращения со взрывчатыми материалами. В то же время подрыв на открытой местности может создать мощную нагрузку на окружающую среду, привести к загрязнению воздушного бассейна, воды, гибели лесных массивов.

Таким образом, проблема загрязнения атмосферы продуктами неполной детонации ВВ является чрезвычайно важной при уничтожении больших количеств боеприпасов методами взрывания или сжигания. Однако она не может быть решена путем улучшения процессов окисления при использовании этих методов, поскольку даже при наибольшей степени реагирования могут образовываться значительные количества таких веществ, как монооксид углерода, окислы азота, частицы твердого углерода и др.

В табл. 3.1 и 3.2 приведены данные термодинамических расчетов по составу образующихся газообразных и твердых продуктов для различных ВВ и горючих в процессе их детонации и открытого горения. Видно, что при значительном объеме уничтожаемых ВВ нельзя игнорировать образование токсичных продуктов, так как их значительное количество может наносить реальный вред окружающей среде.

Таблица 3.1

Масса компонентов продуктов (кг), содержащих углерод, при детонации 1 т ВВ

ВВ	В замкнутом объеме			В открытом объеме		
	CO_2	CO	C	CO_2	CO	C
Тротил	242	244	193	12	727	53
Октоген	285	100	39	214	250	–
ТЭН	462	143	–	487	138	–

Таблица 3.2

Масса компонентов продуктов (кг) при открытом сжигании 1 т вещества

ВВ	CO_2	CO	C	H_2	Метан	Цианиды
Октоген	–	446	6,2	20,5	–	–
Тротил	86	542	79	16,8	1,9	–
Тротил + гексоген (ТГ)	153	427	–	18	0,73	1,2
Нитро-целлю-лоза	344	362	79,4	21,2	4,7	–
Нитро-целлю-лоза + нитро-глицерин	516	149	–	12	6,5	–

Токсичность газов, выделяемых при взрыве, обычно невелика: даже при взрывах зарядов массой в несколько тонн концентрация их в воздухе меньше предельно допустимой. Лишь в непосредственной близости возможно токсическое воздействие продуктов взрыва на биообъекты. Вместе с тем интенсивное и длительное поступление таких газов на определенную территорию может привести к изменению геохимических условий (изменению pH природных вод, раскислению почвы и т.п.).

При детонации заряда имеет место разброс непрореагировавших частиц ВВ, имеющих размер до 0,1 мм и массу около $7 \cdot 10^{-6}$ г. Заряды ВВ, выплавленного из боеприпаса, могут давать отказы, неполную детонацию, что приводит к более интенсивному загрязнению окружающей среды. Осаждающиеся из воздуха частицы ВВ образуют зону первичного заражения. Количество частиц зависит от многих факторов, в том числе от материала и толщины оболочки, типа ВВ, его качественного состояния и др.

Взрывчатые вещества можно условно разделить по экологической опасности на две группы:

1 — содержащие тяжелые металлы;

2 — не содержащие тяжелые металлы.

В отношении взрывчатых веществ второй группы (бризантные ВВ) биосфера в состоянии активно защищаться (выявлены штаммы микроорганизмов, питающиеся, например, тротилом), но от веществ, содержащих тяжелые ме-

таллы (например, свинец), необходимо защищать биосферу нейтрализацией токсичных свойств свинца веществами, вырабатывающими анионы или комплексные соединения.

Возможность переноса свинца на большие расстояния при взрывах на открытых (площадках) полигонах ограничивает применение данного способа. Для обеспечения экологической безопасности уничтожение боеприпасов взрывом необходимо производить в закрытых герметичных объемах, принимать меры по обезвреживанию токсичных газов, пылевых взвесей и тяжелых металлов.

Необходимо также учитывать, что при сжигании происходит возгонка ВВ, сорбция и перенос полидисперсных частиц ВВ на поверхности сажи и, таким образом, загрязнение окружающей природной среды продуктами неполного сгорания ВВ. При сжигании количество частиц ВВ, выбрасываемых в окружающую среду, на один-два порядка выше, чем при взрыве.

Экологический ущерб от применения таких способов не требует пояснений, кроме того, безвозвратно теряется значительное количество уничтожаемых материальных ресурсов.

В бронеямах и на открытых площадках при систематическом уничтожении боеприпасов накапливаются во много раз превышающие допустимые пределы (ПДК) ядовитые продукты, что необходимо учитывать работающему взрывперсоналу.

Принятие во многих странах мира специальных законодательств по охране окружающей среды, движение "зеленых" ставят заслон использованию экологически грязных способов уничтожения и активизируют поиск с целью перехода к экологически безопасным и экономически целесообразным способам утилизации.

В качестве основного способа утилизации рассматривается расснаряжение боеприпасов с последующей переработкой взрывчатых веществ и элементов корпусов боеприпасов.

Под методами расснаряжения боеприпасов понимают методы извлечения из них элементов взрывчатых веществ с последующей утилизацией как ВВ, так и элементов корпусов.

Проблема расснаряжения боеприпасов рассматривается в более широком контексте как часть более общей задачи

создания технологий, позволяющих организовать экономически выгодную и экологически чистую переработку боеприпасов для планомерного сокращения арсенала, поскольку после истечения сроков хранения боеприпасов возникают проблемы, связанные с его использованием.

Технологический процесс извлечения взрывчатых веществ из каморы боеприпаса является наиболее опасным, наиболее сложным в обеспечении специальным оборудованием и в ведении техпроцесса. Выбор этого техпроцесса зависит от рецептур взрывчатого материала в боеприпасе и подготовки утилизированного ВМ к дальнейшей переработке, принципиальной целесообразности по требованиям безопасности по извлечению ВМ.

По этим условиям боеприпасы разделяются на следующие классы:

1. Боеприпасы раздельно-шашечного снаряжения: в том числе осколочно-фугасные снаряды калибров 57—130 мм, шнуровые заряды ШЗ-1, ШЗ-2 и др., авиационные НУРСы типа С-5, С-8, дистанционные средства разминирования и др.;

2. Боеприпасы с разрывным зарядом из тротила, т.е. допускающие простое выплавление: осколочно-фугасные снаряды и мины калибров 76—240 мм. Противотанковые и противопехотные мины, осколочно-фугасные авиабомбы, морские мины различных типов, боевые части торпед и др.;

3. Боеприпасы со смесевым разрывным зарядом из составов ВВ с плавкой составляющей в виде тротила (не менее 20 %) типа ТГ, ТГА, ТА, ТД, МС и т.д. К ним относятся артиллерийские мины, БЧ ракет и БЗО торпед, морские мины, РГБ, авиационные бомбы различных типов, НУРСы "Град", "Ураган", "Смерч", противотанковые и противопехотные мины и т.д.

4. Боеприпасы со смесевым разрывным зарядом из составов ВВ без плавкой основы типа А-IX-I, А-IX-II, окфол и другие или с содержанием плавкой основы менее 20 %. К ним относятся осколочно-фугасные снаряды повышенного могущества, НУРС "Град", С-13 и т.д.

5. Боеприпасы с жидкими, пластичными эластичными взрывчатыми веществами, в том числе различные системы разминирования, боевые части объемно-детонирующих систем, ВИЗы и т.д.

6. Кассетные и кумулятивные боеприпасы. К ним относятся изделия типа РБК с элементами типа АО, ПТАБ, ШОАБ, кассетные головные части изделий "Ураган", боевые части систем, "Алдан", "Ветер", "Вилюй", ПТУРСы и т.п.

Принадлежность боеприпаса к тому или иному классу определяет выбор производства из ряда техпроцессов, разработанных для этого класса.

Исследования в этой области целесообразно разделить на несколько стадий: анализ с точки зрения экономической оправданности, безопасности и возможности экологических последствий существующих методов расснаряжения; определение требований по экономическим, экологическим и техническим параметрам к вновь разрабатываемым технологиям; создание новых технологий расснаряжения боеприпасов с максимально возможным извлечением из них вторичных ресурсов и разработка конкретных технологических решений по созданию образцов новой техники, предназначенной для расснаряжения и переработки боеприпасов.

Разработка технологий расснаряжения боеприпасов, в отличие от аналогичных исследований в других областях, имеет определенную специфику, которую следует обязательно учитывать при проведении работ.

Прежде всего это относится к тому факту, что в боеприпасах используются чувствительные к механическим и тепловым воздействиям вещества, представляющие собой значительную потенциальную опасность, и в первую очередь в плане взрывоопасности. Даже случайный взрыв одного снаряда в месте, где сосредоточены их значительные запасы, может привести к трагическим последствиям.

Вторая особенность связана с тем, что боеприпас как продукт, подлежащий утилизации, представляет собой, как правило, неразъемную конструкцию, изначально не рассчитанную на демонтаж. Естественно, что извлечение из него вторичных ресурсов связано с дополнительными трудностями.

Третья особенность состоит в том, что наряду с легко утилизируемой металлической составляющей исходный боеприпас содержит весьма значительную долю взрывчатых веществ, порохов, твердых ракетных топлив, отравляющих веществ и т.д.

Перечисленные особенности создают ряд дополнительных проблем в процессе разработки технологий расснаряжения боеприпасов.

Расснаряжение боеприпаса предполагает удаление из него взрывателя, вскрытие корпуса с целью обеспечения доступа к взрывчатому веществу, извлечение взрывчатого вещества, последующую утилизацию элементов корпуса и взрывчатого вещества.

Расснаряжение взрывателя также предполагает вскрытие корпуса и обеспечение доступа к взрывчатому веществу, извлечение взрывчатого вещества, последующую утилизацию корпуса и взрывчатого вещества.

В настоящее время практически нет универсального метода расснаряжения боеприпасов. Это связано с очень большим разнообразием как конструкций боеприпасов, взрывателей, так и используемых для их снаряжения рецептур ВВ, имеющих большой диапазон физико-механических и физико-химических свойств.

Удаление взрывателя из корпуса боеприпаса может осуществляться путем вывинчивания его вручную или средствами механизации, отделением встроенных взрывателей, применением кумулятивных зарядов, пиротехнических составов (термитной резки), с помощью ультразвуковых резаков, гидрорезаков или путем механической резки резцом на станках.

Вскрытие боеприпаса для обеспечения доступа к взрывчатому веществу может выполняться следующими средствами и способами:

— гидрорезкой;

— взрывной резкой кумулятивными струями;

— ультразвуковой резкой;

— прожиганием корпусов продуктами сгорания пиротехнических составов (термитных резаков);

— разламыванием корпусов в химически активных средах;

— резанием (фрезерованием, сверлением) лезвием (резцом) на металлообрабатывающих станках;

— изламыванием после предварительного резания;

— химическим растворением корпусов или их частей;

— электрохимическим растворением (травлением);

— воздействием лазером.

Извлечение взрывчатого вещества из корпусов боеприпасов или их элементов может осуществляться следующими способами:

— выплавлением;

— вымыванием струей жидкости;

— выбиванием с помощью механических средств;

— импульсным способом (нагружением импульсом ударной волны);

— вытачиванием;

— магнитодинамическим воздействием на корпус;

— растворением;

— воздействием сверхнизких температур.

3.2. МЕТОДЫ РАЗДЕЛКИ КОРПУСОВ БОЕПРИПАСОВ

Разделка корпусов и отделение взрывателей **гидрорезкой** позволяют с помощью сверхзвуковой струи жидкости разрезать корпус, отделить (при необходимости) взрыватель и вымывать из корпуса взрывчатое вещество с последующей утилизацией продуктов разделки. Технология позволяет разрезать практически все твердые материалы, применяемые для изготовления боеприпасов, с температурой в зоне резания не более 90 °С и минимальной шириной разреза.

Возможна **струйная очистка** и смывка покрытий различного химического состава, перфорация отверстий в твердых и хрупких материалах импульсными жидкостными и абразивно-жидкостными струями. Данная технология представляется наиболее перспективной, взрывобезопасной и к тому же позволяет использовать утилизируемые пороха в качестве источника (генератора) высокого давления (500 — 700 МПа).

Технический процесс активного вымывания заряда ВВ из корпуса высокоскоростными струями жидкости предусматривает применение различных фильтров и других устройств для отделения взрывчатого вещества от жидкости.

Этот метод перспективен для разделки боеприпасов крупного калибра.

Способ вымывания ВВ из корпусов боеприпасов струей жидкости имеет недостатки и связанные с этим ограничения, которые заключаются в следующем: обязательное создание высокого давления жидкости, большой ее расход, необходи-

мость применения специальных камер и обеспечения соосности сопел и корпусов боеприпасов.

Для вскрытия корпусов боеприпасов **кумулятивной струей** применяют удлиненные или осесимметричные кумулятивные заряды. Они устанавливаются на таком удалении от корпуса боеприпаса, при котором исключается взрыв заряда ВВ разделываемого боеприпаса. Иногда для резки корпусов боеприпасов применяют контактные листовые заряды или удлиненные кумулятивные заряды. С их помощью в снаряжении разделываемого боеприпаса вызывают низкопорядковые взрывные процессы, которые обеспечивают вскрытие корпуса боеприпаса. Основное преимущество взрывных технологий заключается в том, что для их реализации не требуется сложного технологического оборудования. Эти технологии энергетически автономны. В связи с тем, что технологии основаны на низкопорядковых взрывных процессах, ущерб окружающей среде может быть сведен к минимуму. Однако такой способ вскрытия нельзя признать взрыво- и экологически безопасным, так как в зависимости от состояния корпуса и ВВ разделываемого боеприпаса, случайного отклонения расстояния между корпусом и кумулятивным зарядом не исключается передача детонации и несанкционированный взрыв боеприпаса. При взрыве кумулятивного или листового заряда в окружающую среду попадают токсичные вещества.

Ультразвуковой способ вскрытия корпусов боеприпасов для извлечения зарядов ВВ из средств взрывания пригоден при любом снаряжении боеприпаса. При необходимости ультразвуковым инструментом проделываются отверстия для доступа к ВВ в корпусах из любых материалов практически в любом сечении. Взрыво-, пожаро- и экологическая безопасность обеспечивается применением способа в водной среде.

Процесс разделки боеприпасов состоит из ориентации и фиксации боеприпаса (средства взрывания), вскрытия корпуса, извлечения снаряжения, предварительной обработки снаряжения (разделения бризантных и инициирующих ВВ, флегматизации бризантных ВВ, ликвидации взрывоопасных свойств инициирующих ВВ), упаковки продуктов переработки для последующей транспортировки и утилизации.

Применение недорогого оборудования, отсутствие жестких требований по герметичности, низкая температура и давление жидкости и относительная простота операций позволяют рассматривать этот способ как один из перспективных, но малопроизводительных. Процесс вскрытия корпусов и извлечения взрывчатых веществ может быть автоматизирован, а применение блокового принципа позволит перестраивать комплекс оборудования для переработки любых типов средств взрывания и регулировать его производительность.

Имеющийся огромный опыт работы в области создания пиротехнических средств позволяет принципиально решить вопрос о бездетонационном вскрытии корпусов боеприпасов и извлечения из них зарядов ВВ. Метод заключается в прожигании корпуса струей продуктов сгорания пиротехнического состава и создании в нем избыточного давления, приводящего к вскрытию корпуса, дроблению и выбросу заряда ВВ.

Вскрытие корпусов и извлечение из них взрывчатых веществ при применении **пиротехнических составов** предусматривают распределение и крепление на корпусе боеприпаса пиротехнического заряда, его поджигание, извлечение из корпуса (при необходимости) остатков ВВ, сбор и упаковку продуктов переработки для последующей транспортировки и утилизации.

В процессе горения пиротехнического состава в корпусе боеприпаса создается избыточное давление, которое приводит к вскрытию корпуса, его дроблению и выбросу заряда ВВ. В некоторых случаях корпус может прожигаться, обеспечивая доступ к взрывчатому веществу. Высокая температура и раскаленные частицы повышают вероятность воспламенения и взрыва ВВ. Поэтому этот метод взрывоопасен. При сгорании пиротехнических составов в окружающую среду выделяются токсичные вещества (свинец, ртуть, хлор и т.д.). Этот метод может быть применен для уничтожения особо опасных средств в незначительных количествах.

Изламывание корпусов боеприпасов или средств взрывания может выполняться с предварительной подготовкой (надрез, надпил, сверление) или без подготовки. Оно может производиться в воздухе, воде или химически активных жидкостях. Этот способ является относительно простым

и высокопроизводительным. Тонкостенные корпуса вскрывают без предварительной подготовки, толстостенные — с предварительной подготовкой. Для исключения попадания взвешенных частиц ВВ в воздух, снижения взрыво- и пожароопасности изламывание производят в жидкостях. При вскрытии средств взрывания с токсичными веществами изламывание осуществляют в химически активных средах.

Резание лезвием (резцом, сверлом и т.п.) корпусов боеприпасов и средств взрывания является высокопроизводительным способом, но требует точной подгонки, особенно малоразмерных деталей, средств взрывания и резца, интенсивного охлаждения и создания необходимого привода на одну из деталей.

Промышленное применение способа резания возможно лишь при поточной технологии подачи корпусов боеприпасов (средств взрывания) в фиксированном положении на лезвии для снятия заданного количества металла в заданном сечении для разделения бризантного и инициирующего ВВ в тонкостенных оболочках или для подготовки корпусов средств взрывания к излому.

Химическое растворение корпусов в промышленном масштабе, по-видимому, невыгодно и может быть применено для обезвреживания особо опасных изделий или их элементов, или малых количеств изделий, если недоступны другие методы.

Метод **электрохимического растворения** (травления) может быть экономически выгодным при переработке большого количества средств взрывания с металлическими толстостенными корпусами. Большая энергоемкость данного метода, экологическая опасность ввиду применения большого количества химически активных веществ не позволяют использовать его для вскрытия корпусов боеприпасов.

Разделка корпусов боеприпасов лазером для обеспечения доступа к снаряжению возможна при обеспечении интенсивного теплоотвода от остального материала. Этот метод может оказаться экономически выгодным и найти промышленное применение. Он позволяет безопасно, быстро и на заданную глубину вскрывать корпуса боеприпасов из любых материалов в автоматическом режиме.

Преимуществами метода резки корпуса боеприпаса лазер-

ным лучом являются: отсутствие механического и электрического воздействия на обрабатываемый материал, возможность высокопроизводительной обработки с малым удельным тепловыделением и термодеформациями (скорость резания достигает десятки сантиметров в минуту). Лазерная резка основана на тепловом воздействии лазерного излучения на материал. Особенно эффективна резка металлов, когда в зону обработки совместно с лазерным лучом подается струя газа, способствующая удалению продуктов распада, а в некоторых случаях инициирующая химическую реакцию в месте воздействия излучения на металл. Лазерная установка мощностью лазера 1 кВт позволит резать изделия толщиной стенки до 14 мм со скоростью 0,5 м/мин.

Метод **расплавления** корпусов средств взрывания с последующей утилизацией снаряжения применим для пластмассовых материалов с температурой плавления до 200 °С. Необходимо учитывать, что большая часть корпусов средств взрывания изготовлена из материалов с температурой плавления 200—600 °С, поэтому этот метод не может найти широкого применения.

Разработана технология уничтожения боеприпасов **взрыванием** в герметичных емкостях с последующей очисткой газообразных продуктов взрыва от экологически опасных веществ и утилизации оставшихся компонентов. Такая технология уже находит практическое применение на действующих предприятиях.

3.3. МЕТОДЫ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ИЗ БОЕПРИПАСОВ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ И СОСТАВОВ

В некоторых случаях рассмотренные выше методы расснаряжения боеприпасов позволяют непосредственно извлечь взрывчатый элемент-наполнитель путем отделения его от вскрытого корпуса. Такая ситуация, в частности, имеет место при использовании метода гидрорезки, который особенно эффективен для авиационных бомб наружной подвески и крупногабаритных морских мин. В этом случае ВВ после извлечения, по существу, может быть использовано вторично в народном хозяйстве. В случае малогабаритных мин (противотанковых, противопехотных и т.д.) возможны простые

механические способы вскрытия и освобождения оболочки (металлической, пластиковой, тканевой) с последующим механическим дроблением формованного взрывчатого состава на куски определенных размеров, пригодные для непосредственного использования на карьерах и в рудниках.

Что касается извлечения ВВ из снарядов различного калибра, в этом случае целесообразно использовать иные подходы.

Для тротилсодержащих боеприпасов наиболее разработанным методом является **выплавка** наполнителя с использованием внутреннего или внешнего обогрева водяным паром или специально подобранным жидким теплоносителем.

Наиболее дешевый метод — применение водяного пара для подачи внутрь боеприпаса с целью выплавки тротилсодержащего взрывчатого состава с последующей сепарацией мелкодисперсного металла (алюминия) и с использованием воды в замкнутом оборотном цикле. При этом тротил после кристаллизации может быть употреблен вторично в народном хозяйстве в качестве компонента промышленных ВВ.

Эффективно, особенно для крупногабаритных изделий, применение других жидких теплоносителей (силиконовое масло, парафин, церезин). При этом теплоноситель также участвует в замкнутом оборотном цикле, а тротил подвергается соответствующей переработке и используется в народном хозяйстве. В качестве внешнего теплоносителя может быть и водяной пар. Для этого возможно применение секционных антидетонационных ванн прямоугольного сечения с встроенными паровыми теплообменниками, которые одновременно выполняют роль антидетонационных броневкладышей. Секционная пятислойная конструкция и защита исключают передачу детонации при случайном взрыве 152-миллиметрового изделия (снаряда). Передача детонации между ваннами также исключается вследствие их размещения на расстоянии 100 мм друг от друга и заполнения промежутков между ними железобетоном. Применение водяных ванн с паровым обогревом и минимальным объемом воды гарантированно исключает перегрев (свыше 100 °С) при любых неполадках системы и в то же время позволяет значительно сэкономить тепло- и энергоресурсы.

При выплавке заряда в нем предварительно высверливается канал диаметром 30 – 45 мм. Выплавка тротила осуществляется на специальных установках пароводяной смесью при температуре воды 93 – 95 °С и пара 125 °С. Время выплавки в зависимости от типа боеприпаса колеблется в пределах 7 – 19 мин.

Имеющийся по этим методам опыт утилизации боеприпасов показывает, что существует вероятность аварийного слива тротилсодержащих жидкостей непосредственно в грунт и через него – в грунтовые воды.

В этой связи с экологической точки зрения идеальным решением является использование в качестве теплоносителя непосредственно тротила или парафина. Тротил является универсальным ВВ, имеющим низкую точку плавления (80,2 °С), поддающимся всем способам снаряжения (заливка, шнекование, прессование) и в то же время – всем способам расснаряжения. Как теплоноситель он является универсальной жидкостью: взрывобезопасен, термически стабилен в жидкой и газовой фазах, имеет низкую упругость пара ($1{,}33 \cdot 10^{-4}$ Па при комнатной температуре). Его использование в качестве теплоносителя при расснаряжении позволит обеспечить экологическую безопасность технологии утилизации боеприпасов, исключить попадание в грунт и в окружающую атмосферу в силу комплекса его физико-химических свойств.

Обогрев боеприпаса с целью выплавки тротилсодержащих ВВ можно осуществлять и без жидкого теплоносителя путем **индукционного** воздействия на корпус боеприпаса. Важной особенностью такого подхода является экологическая чистота.

Преимущества метода индукционного разогрева: высокая концентрация энергии в нагреваемом материале, надежность работы, устройство регулирования и автоматизации технологических процессов, безопасные условия труда и отсутствие загрязнения окружающей среды. На установках выплавки используется низкотемпературный индукционный нагрев на промышленной частоте. Время разогрева корпуса боеприпаса составляет 3 – 4 мин, время выплавки ВВ – 4 – 5 мин.

Описанные выше методы наиболее перспективны для извлечения из боеприпасов тротилсодержащих взрывчатых

составов типа ТА-23, ТГ, ТГА и др. В то же время они непригодны для извлечения из боеприпасов гексоген- и октогенсодержащих взрывчатых составов, не содержащих тротила, а также металлизированных композиций на основе гексогена и октогена. В данном случае необходимо применение "сухих" методов извлечения ВВ. Например, **вытачивание** гексогенсодержащих ВВ, запрессованных в малокалиберные снаряды. Этот метод удовлетворяет требованиям взрывобезопасности, высокой производительности, гигиеничности условий работы, экологичности. Экологическая установка включает два блока: блок вытачивания разрывного заряда из штатного 30-миллиметрового снаряда с "естественным" опусканием продукта точения (под действием силы тяжести) к системе отвода и накопления порошкообразного ВВ и блок аэродинамического отбора, транспорта и накопления продукта утилизации разрывного заряда. В принципе производительность метода вытачивания по сравнению с нынешним уровнем может быть поднята в несколько раз при сохранении безопасности. При этом метод вытачивания остается наименее энергоемким по сравнению с другими методами извлечения ВВ.

Еще одним перспективным и эффективным является **импульсный** метод, по которому ВВ из корпуса извлекается за счет ударной волны от сосредоточенного заряда, распространяющейся через передающую рабочую среду. Действующие на изделие силовые факторы характеризуются большой интенсивностью и кратковременностью действия, измеряемой микросекундами. Импульсное воздействие возбуждает в материале разрывного заряда многократные упругие волны сжатия-растяжения. Последние приводят к диспергированию заряда внутри металлической оболочки. При этом возможность и необходимость использования относительно незначительного по величине импульсного воздействия (не превышающего предела динамической упругости материала оболочки) гарантируют безопасность процесса и сохранение свойств извлекаемого ВВ. Последнее позволяет использовать энергетический продукт по прямому назначению без дополнительной переработки.

Имеется возможность создания технологии расснаряжения взрывателей артиллерийских снарядов мелкого и среднего

калибров на основе **ультразвукового эффекта**. Создается ультразвуковой автоматизированный комплекс, позволяющий обеспечить 100 %-ное расснаряжение боеприпасов в условиях безлюдной технологии.

Магнитодинамический способ извлечения снаряжения из корпуса боеприпаса заключается в обеспечении пластических деформаций цилиндрических оболочек в результате воздействия электромагнитного поля, что позволяет извлечь заряд ВВ без нарушения его целостности. Этот способ принадлежит к числу нетрадиционных способов расснаряжения боеприпасов. В настоящее время получены соотношения для оценки параметров магнитных полей, обеспечивающих пластическое деформирование цилиндрических оболочек, в результате чего заряд ВВ может быть извлечен из корпуса при сохранении его целостности. Полученные результаты и имеющиеся предварительные проработки позволяют рекомендовать магнитодинамическое воздействие для извлечения кумулятивных облицовок в случаях утилизации кумулятивных зарядов и боевых частей, обезвреживания средств взрывания, имеющих ферромагнитные корпуса (капсюли-детонаторы КД № 8С, взрыватели мин МВЗ-57, МВЧ-62 и т.п.).

Способ **выбивания** снаряжения из корпуса с определенными ограничениями может быть применен для извлечения инициирующих и бризантных ВВ. Если возможны изменения свойств ВВ, способ, по-видимому, непригоден.

Способ **растворения** ВВ в жидкости применим в том случае, когда взрывчатое вещество, растворяясь в жидкости, образует химически устойчивые, не токсичные, мало- или невзрывоопасные смеси. Растворимость ВВ в воде крайне низка. Например, растворимость тротила в 100 г воды при 15 °С составляет 0,012 г, тетрила — 0,017 г, азида свинца — 0,023 г (при 80 °С — 0,09 г), тринитрорезорцината свинца при 17 °С в 1 л — 0,7 г.

При методе воздействия **криогенных температур** процесс извлечения ВВ предусматривает охлаждение изделия в холодильной камере. В качестве хладоагента может использоваться жидкий азот. При низкой температуре происходит растрескивание ВВ и при вибрации разрушение и измельчение заряда ВВ, после чего его удаляют.

Расснаряжение и утилизация капсюлей-детонаторов составляют самостоятельную, пока не решенную проблему, во-первых, в связи с большими масштабами производства (миллионы штук), во-вторых, из-за значительно более высокой опасности, а также ввиду наличия в капсюлях-детонаторах токсичных веществ (гремучей ртути, азида свинца).

В настоящее время данная проблема решается двумя способами: обжигом капсюлей-детонаторов, требующим специальной кабины с ее последующей демеркуризацией, и использованием извлеченных из корпусов детонаторов для инициирования промышленных ВВ.

Предварительная оценка методов расснаряжения боеприпасов показывает, что работы по извлечению ВВ у изделий с истекшими гарантийными сроками хранения (ГСХ) и последующая утилизация извлеченных ВВ в народном хозяйстве содержат потенциальную опасность возникновения аварийных ситуаций.

В процессе старения боеприпасов в течение ГСХ происходят накопление продукта распада, взаимодействие ВВ и продуктов распада с лакокрасочным покрытием (ЛКП) и с конструкционным материалом. Глубина превращения может зависеть как от условий и времени хранения, так и от конструктивных особенностей боеприпасов. Извлечение наполнителя из изделий путем выплавки или диспергирования может привести к дополнительному изменению веществ за счет растворения в них ЛКП. При этом не исключена возможность попадания в извлекаемый продукт сенсибилизирующих нерастворимых частиц ЛКП и твердых примесей в виде стружки, окалины и т.п. Таким образом, извлеченный продукт может существенно отличаться по физико-химическим и взрывчатым свойствам от продукта, использованного при наполнении, что может вызвать неконтролируемый его распад на различных стадиях переработки: при разборке изделий, извлечении наполнителя, переработке в товарную форму, транспортировке, применении в качестве взрывчатого материала в народном хозяйстве.

Изложенное выше позволяет считать, что экономически приоритетными являются гидроструйный и магнито-

динамический способы как наиболее взрывобезопасные и технологичные, которые в принципе могут быть автоматизированы в промышленном масштабе. Учитывая широкую номенклатуру боеприпасов, отсутствие и нецелесообразность разработки универсальных методов расснаряжения, следует признать, что при решении конкретных задач расснаряжения данного вида боеприпасов не исключена разработка и других альтернативных подходов к решению этой проблемы, включая все вышеупомянутые.

3.4. ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ МЕТОДЫ УТИЛИЗАЦИИ БОЕПРИПАСОВ

До настоящего времени уничтожение технически непригодных боеприпасов проводилось Минобороны методами подрыва, сжигания или затопления. Это приводило к безвозвратным потерям ценных, дефицитных материалов и значительному загрязнению окружающей среды. Сейчас в качестве общего подхода к проблеме ликвидации запасов непригодных боеприпасов выбраны методы их утилизации и расснаряжения.

В связи с этим весьма актуальна задача создания на территории России экологически чистых производств по демонтажу, расснаряжению и переработке элементов боеприпасов.

Утилизация боеприпасов является работой повышенной опасности, требует наличия высококвалифицированных специалистов, оригинального технологического оборудования, производственных и складских помещений, отвечающих условиям взрывопожаробезопасности.

Всему комплексу требований, удовлетворяющих "Правилам устройств предприятий по изготовлению и переработке взрывчатых веществ, порохов, ракетных топлив и т.д." и "Правилам эксплуатации производств при изготовлении, применении и переработке взрывчатых веществ, порохов, ракетных топлив и т.д.", отвечают только специализированные заводы Главного управления боеприпасов и спецхимии.

Исходя из этого все работы по утилизации боеприпасов в России должны выполняться только на специализированных

заводах или в специально оборудованных пунктах на арсеналах при обязательном участии и контроле разработчиков боеприпасов и технологий снаряжения.

Передача и продажа боеприпасов для их утилизации неспециализированным организациям и предприятиям категорически запрещена.

При утилизации боеприпасов должны быть достигнуты следующие цели:

— возвратить народному хозяйству содержащееся в боеприпасах значительное количество ценных материалов и продуктов (цветные и черные металлы, ВВ, пороха и т.д.);

— повысить живучесть и взрывопожаробезопасность арсеналов, складов и баз;

— сократить затраты на хранение и ремонт боеприпасов;

— исключить экологически вредные способы уничтожения боеприпасов (выжиганием, подрывом, захоронением или затоплением);

— обеспечить максимальную экономическую эффективность;

— сохранить высококвалифицированные кадры и производственные мощности по снаряжению и сборке боеприпасов в условиях резкого сокращения объемов заказов Минобороны на производство новых боеприпасов с учетом перевода заводов в перспективе на двойные технологии.

Проблема расснаряжения и утилизации боеприпасов должна базироваться на следующих основных принципах:

— безопасности на всех этапах работы;

— комплексности производства, т.е. расснаряжении всех элементов боеприпасов;

— экологической чистоте всего технологического процесса;

— учете боеприпасов, их элементов и получаемых при расснаряжении взрывчатых материалов на всех этапах расснаряжения, как представляющих собой особую социальную опасность, и принятии мер по исключению их несанкционированных утерь;

— экономической целесообразности при выборе тех или иных методов расснаряжения.

В целях организации работ по утилизации и расснаряжению боеприпасов вышло постановление правительства РФ за

№ 473 "Об утилизации обычных видов боеприпасов". В нем устанавливалось, что работы по комплексной утилизации должны осуществляться на специализированных предприятиях ГУБПиСХ по комплексным программам с указанием основных объемов работ по утилизации боеприпасов соответствующих родов войск, сроков проведения НИОКР, подготовки производства и создания необходимых мощностей с учетом экологии и безопасности.

Для обеспечения единого порядка работы по утилизации боеприпасов, исключения несанкционированной реализации боеприпасов и их элементов Роскомоборонпром и Минобороны утвердили совместное решение от 18 февраля 1993 г. "О порядке передачи списанных боеприпасов для утилизации на специализированных предприятиях Комитета РФ по оборонным отраслям промышленности и Министерства обороны РФ", согласно которому:

— передача боеприпасов предприятиям промышленности осуществляется без оплаты по договорам между гензаказчиками Минобороны РФ и Главным управлением боеприпасов и спецхимии Госкомоборонпрома;

— номенклатура и объемы комплектных боеприпасов, подлежащих утилизации, определяются рабочими программами, утвержденными гензаказчиками Минобороны РФ и Главным управлением боеприпасов и спецхимии Госкомоборонпрома.

В целях сокращения транспортных перевозок создаются региональные центры на основе развитой инфраструктуры снаряжательных и пороховых производств, баз и арсеналов по утилизации всех видов номенклатур боеприпасов.

Практика показала, что максимальная экономическая эффективность программ утилизации боеприпасов может быть достигнута только при более глубокой переработке материалов и сырья, полученных при утилизации, в народнохозяйственную продукцию и реализации этих материалов и продукции на коммерческой основе, в том числе и за рубежом.

Для обеспечения максимальной экономической эффективности работ по утилизации боеприпасов ГУБПиСХ создает головную организацию, которой поручено осуществлять:

— производственную и коммерческо-посредническую деятельность по утилизации боеприпасов и реализации получаемых материалов и продуктов после утилизации;

— перераспределение финансовых средств от доходных производств убыточным;

— координацию работ, проводимых предприятиями в области утилизации с зарубежными фирмами;

— экспертно-импортные операции с получаемой при утилизации продукцией, а также с разработанными технологиями и оборудованием по утилизации боеприпасов.

Создание комплексных производств утилизации боеприпасов связано с решением следующих основных научно-технических проблем:

— извлечение ВВ из корпусов боеприпасов;

— переработка извлеченного ВВ в промышленные взрывчатые вещества;

— переработка порохов как в промышленные ВВ, так и в другие продукты и изделия;

— создание специальных печей для экологически чистого сжигания взрывателей, капсюльных втулок, трассеров и др.;

— переработка укупорки и других вспомогательных материалов в хозяйственную продукцию;

— обеспечение экологических требований при утилизации.

Комплексная утилизация запасов устаревших и непригодных боеприпасов позволит получить:

Черных металлов, тыс. т	640
Взрывчатых веществ, тыс. т	110
Порохов и твердых топлив, тыс. т	130
Древесины, тыс. $м^3$	345

Очевидно, что решение всего комплекса задач, связанных с утилизацией боеприпасов, требует не только значительных финансовых затрат, но и времени для их реализации.

До решения ряда научных, технических, финансовых и организационных задач по утилизации с целью исключения или уменьшения экологического ущерба в действующих производствах в настоящее время утилизируются наиболее простые боеприпасы, снаряженные преимущественно тротилом: артиллерийские осколочно-фугасные снаряды, противотанковые мины и некоторые другие.

Такие элементы боеприпасов, как взрыватели и капсюльные втулки, существующие методы утилизации которых связаны с вредным экологическим воздействием, накапливаются до создания экологически чистого и надежного оборудования для их переработки.

Одна из основных задач утилизации — извлечение ВВ из боеприпасов. Отсутствие универсального способа расснаряжения боеприпасов вынуждает специалистов для каждого конкретного типа боеприпасов с учетом экономической целесообразности и уровня экологической защиты разрабатывать свою технологию извлечения и переработки ВВ.

Эти технологии условно объединены в три группы.

1. Для боеприпасов, снаряженных тротилом и другими плавкими ВВ на основе тротила, в первую очередь артиллерийских снарядов, — различные варианты неконтактной и контактной выплавки паром, парафином, тротилом или горячей водой, использование индукционного нагрева корпуса боеприпаса, вымывание струей воды высокого давления.

2. Крупногабаритные боеприпасы, снаряженные смесевыми плавкими ВВ, — расснаряжение различными способами вымывания: высококипящими инертными жидкостями, струей воды высокого давления.

3. Для боеприпасов, снаряженных главным образом неплавкими ВВ типа А-IX-1, А-IX-2 прессованием в корпусе, — различные способы механического разрушения разрывного заряда, в том числе струей воды.

Не вызывает сложностей извлечение ВВ (разрывного заряда) из боеприпасов, снаряженных раздельно-шашечным способом на плавком закрепителе. При подогреве корпусов таких боеприпасов закрепитель плавится и разрывной заряд легко извлекается.

В 1992 г. в условиях значительного сокращения производства боеприпасов на ряде заводов Главного управления боеприпасов и спецхимии были организованы опытно-экспериментальные участки по утилизации боеприпасов и на них начаты практические работы. На этих участках в основном расснаряжались боеприпасы, снаряженные тротилом и раздельно-шашечным способом на плавком закрепителе.

Всего в 1992 г. было расснаряжено и переработано 1,5 млн. шт. артиллерийских снарядов, инженерных мин и неуправляемых авиационных ракет.

Однако указанные участки не имеют полного экологически чистого технологического цикла и необходимой механизации с точки зрения обеспечения безопасности работы и в дальнейшем подлежат дооборудованию средствами механизации и автоматизации.

В 1993 г. шесть предприятий отрасли вели практические работы по утилизации боеприпасов. За 9 мес ими было расснаряжено 2,272 млн. шт. боеприпасов.

Для утилизации боеприпасов, которые по техническому состоянию непригодны к транспортировке, создаются передвижные модульные установки непосредственно в местах хранения таких боеприпасов. В передвижных установках используются такие же технологии извлечения взрывчатого вещества из боеприпаса, как и на стационарных участках, а именно: выплавка тротилсодержащих ВВ; вымывание ВВ струями высокого давления; различные методы механического разрушения разрывного заряда.

Важное значение при решении проблемы утилизации имеет поиск безопасного использования извлеченных из боеприпасов взрывчатых материалов (взрывчатых веществ и порохов), поскольку наибольший экологический вред природе наносит их уничтожение подрывом или сжиганием.

Анализ подлежащих утилизации боеприпасов показывает, что они содержат около 70 % тротила состава ТА (тротил-алюминий) и ТД (тротил-динитронафталин), 20 % плавких смесей тротил-гексоген или тротил-гексоген-алюминий, 7 % неплавких ВВ А-IX-1 (флегматизированный гексоген) и А-IX-2 (смесь флегматизированного гексогена с алюминием), 3 % прочих ВВ, среди которых жидкие и пластичные ВВ, октогенсодержащие и некоторые другие.

Если сопоставить количество взрывчатых веществ, извлекаемых из утилизируемых боеприпасов, с потребностями горнорудной промышленности (в 1992 г. в России было произведено около 1,3 млн. т промышленных ВВ), то использование в промышленности извлеченных из боепри-

пасов ВВ не окажет сколько-нибудь существенного влияния на общий объем производства: ведь эти ВВ смогут покрыть только несколько процентов годовой потребности, однако их абсолютное количество представляет большую материальную ценность и не должно уничтожаться также и по экологическим соображениям.

Основная масса используемых в настоящее время в добывающих отраслях промышленности ВВ — это составы на основе тротила и аммиачной селитры. Как правило, они характеризуются невысокими скоростями детонации и малой чувствительностью к удару и трению. Использование для разрушения скальных пород промышленных ВВ, в состав которых входит некоторое количество гексогена, в настоящее время практически прекращено из-за высокой опасности их производства и применения. Перспективы развития промышленных ВВ направлены на широкое использование новых классов — гранулированных бестротиловых, водосодержащих гелеобразных и эмульсионных взрывчатых веществ.

Горнорудная промышленность имеет ограниченные потребности в гексогенсодержащих ВВ из-за их высоких стоимости и чувствительности к трению и удару. Технология взрывных работ при проходке подземных выработок в основном приспособлена к применению тротилсодержащих и алюмосодержащих ВВ на основе аммиачной селитры.

Из всех взрывных веществ, содержащихся в боеприпасах, только тротил и состав тротил-алюминий являются в большей степени веществами двойного применения, используемыми как в военной, так и в гражданских отраслях промышленности, однако и эти ВВ после выплавки или извлечения из боеприпасов другими способами должны быть переработаны.

Основной путь такой переработки — гранулирование и чешуирование. Для этой цели созданы ленточный и цилиндрический грануляторы со специальным диспергатором, формирующим капли расплава ВВ. После грануляции и чешуирования на охлаждаемых барабанах ВВ могут быть направлены непосредственно потребителям.

Смеси тротил-гексоген и тротил-гексоген-алюминий, извлеченные из боеприпасов, должны обладать пониженной

чувствительностью к механическим воздействиям и быть универсальными для их применения в горной промышленности. Это достигается путем увеличения в этих составах доли тротила или введения некоторых инертных компонентов.

Предстоит большая работа по созданию как новых унифицированных рецептур промышленных ВВ, так и изделий из них, с проведением государственных испытаний. Для достижения этих целей в настоящее время отработана технология гранулирования составов типа тротил-гексоген, тротил-алюминий, тротил-гексоген-алюминий, в том числе с добавками аммиачной селитры.

Необходимо определить и в короткие сроки узаконить условия использования этих рецептур в горном деле.

Следующая задача — это применение извлеченных из боеприпасов мощных ВВ, представляющих собой флегматизированный гексоген и смесь флегматизированного гексогена и алюминия, и их переработка в промышленные ВВ.

Так как они не плавятся, наиболее перспективный путь — создание на их основе водосодержащих ВВ с последующим патронированием.

Такие заряды перспективны, особенно для малых и средних по количеству применяемого ВВ потребителей, и можно ожидать роста объема их производства в ближайшие годы. Они найдут широкое применение в горнорудной промышленности России.

Очевидно, что переработка ВВ, особенно гексоген-содержащих, для их использования в добывающих отраслях промышленности экономически невыгодна.

Вместе с тем суммарный экологический ущерб от сжигания извлеченных при утилизации ВВ, если их не перерабатывать в промышленные ВВ, составляет 60 млрд. руб. (в ценах на 01.01.93 г.). Затраты же на все работы, связанные с использованием этих ВВ, не превысят 30 млрд. руб. Эти цифры убедительно свидетельствуют о том, что мы обязаны искать пути переработки ВВ.

Очевидно, что основное направление по использованию утилизированных ВВ в качестве промышленных ВВ и различных изделий для промышленности (промежуточные детонаторы, кумулятивные шнуры для резки металло-

конструкций, шнуры для тушения лесных пожаров путем создания минерализованных полос, специальные заряды для разрушения негабаритных камней, упрочнения и сварки металлоконструкций) не является единственным.

Возможные и перспективные пути применения утилизируемых ВВ — это получение путем взрыва ультрадисперсных технических алмазов, тугоплавких материалов, красок, получение из тротила триаминотолуола как сырья для химической промышленности, окислов азота, азотной кислоты, аммиачной селитры и др.

3.5. СОЗДАНИЕ ПРОИЗВОДСТВ КОМПЛЕКСНОЙ УТИЛИЗАЦИИ БОЕПРИПАСОВ

Принцип комплексности производств утилизации боеприпасов в принципиальной трактовке этого вопроса, разработанный КНИИМом при исследовании данной проблемы, требует выполнения следующих условий:

1. В процессе утилизации должны принципиально решаться вопросы работы со всеми элементами боеприпаса, а не только выборочно с какими-то отдельно экономически выгодными составными частями. Так, например, утилизация артвыстрела должна предусматривать работу со снарядом, гильзой, извлечением порохов и ВВ, взрывателем, капсюлем, тарой и т.д., т.е. в процессе производства должны рассматриваться и участвовать все элементы выстрела.

2. Технология и оборудование для извлечения ВВ из боеприпасов должны быть тесно связаны с дальнейшими направлениями переработки и применения ВВ, порохов и топлив в интересах народного хозяйства.

В качестве готовой продукции результатом переработки утилизируемых ВМ может быть гамма рецептур промышленных ВВ и изделий из них со схемами применения во взрывном деле или изготовление лаков, красок, удобрений, средств пожаротушения, технических алмазов и т.д.

Выбор этих объектов диктуется спросом на эту продукцию, но с учетом этого фактора в подавляющем большинстве случаев высвобождаемые ВМ должны быть сразу же подготовлены к дальнейшей переработке.

Особенно это касается промышленных ВВ. Здесь практи-

чески весь техпроцесс извлечения ВВ из корпусов определяется не только изделиями, но и рецептурами, в которые будут перерабатываться утилизируемые ВВ.

С точки зрения техники безопасности, энергетических затрат на процесс утилизации и дальнейший передел в конечном счете по совокупности экономических затрат эти процессы должны быть, за редким исключением, объединены.

3. Черные и цветные металлы, высвобождаемые при утилизации, должны быть гарантированно полностью очищены от взрывчатых материалов. В целом опыт большинства предприятий показывает, что эти сырьевые компоненты экономически целесообразно либо поставлять в качестве сертифицированного материала, либо обеспечивать сразу на месте утилизации дальнейший передел в рыночную продукцию.

4. Региональный принцип создания производств утилизации. Значительные транспортные издержки на перевозку боеприпасов для утилизации требуют регионального принципа размещения производств утилизации, подготовленных для широкого спектра переработки всех типов изделий, т.е. в каждом регионе в радиусе 800—1000 км должен быть достаточно полный набор технологий и оборудования для разработки боеприпасов, извлечения и переработки взрывчатых материалов.

В разработанных комплексных программах утилизации В и ВТ предусмотрено создание восьми таких региональных центров. По пяти центрам разработаны ТЭО производств, а по одному полный рабочий проект.

5. Сочетание стационарных производств на промышленных предприятиях и перевозимых контейнерных комплексов для расснаряжения боеприпасов непосредственно на местах их хранения. Подобные комплексы могут обеспечить наиболее рациональный технико-экономический подход к проблеме, обеспечивая снижение транспортных затрат, исключение затрат на изготовление и восстановление пришедшей в негодность тары, снижение затрат на хранение, повышение уровня безопасности на местах хранения, решение экологических проблем, исключение техногенных катастроф при транспортировке, сохранение кадров и квалифицированный подход к решению задачи утилизации сложных видов боеприпасов.

6. Модульный принцип создания предприятий, позволяющих производить компоновку производств из типовых модулей, поэтапный переход от более простых технологий к более сложным, последовательное наращивание производственных мощностей, обмен оборудованием между предприятиями.

В развитие такого подхода в результате проведенных работ создан набор модулей, из которых могут осуществляться при разработке проектов различные компоновки производств в зависимости от утилизируемых боеприпасов и наиболее целесообразной программы выпуска готовой продукции. В состав разработанных модулей входят:

1. Модули выплавки тротиловых изделий парафином четырех типоразмеров.

2. Установки получения кусков из утилизируемого тротила.

3. Модули выплавки смесевых изделий парафином или другими органическими жидкостями трех типоразмеров.

4. Установка гранулирования смесевых ВВ сухим способом.

5. Модульные установки гидровымывания смесевых неплавких ВВ струей воды высокого давления (кабинный, магазинный и кассетный).

6. Модуль измельчения шашек.

7. Установка модульного типа для водооборота и очистки вод, загрязненных ВВ.

8. Установка для извлечения смесевых ВВ методом неконтактной выплавки.

9. Автомат изготовления патронов из эмульсена-П и аналогичных рецептур.

В сочетании с оборудованием, разработанным ранее другими организациями, указанные модули решают задачу создания комплексных производств.

Ниже в качестве примеров рассмотрены технологические процессы и оборудование для расснаряжения списанных боеприпасов, разработанные КНИИМ совместно с другими организациями.

3.6. ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ РАССНАРЯЖЕНИЯ СТРУЙНОЙ ВЫПЛАВКОЙ КРУПНОГАБАРИТНЫХ БОЕПРИПАСОВ С ЗАРЯДАМИ ТРОТИЛА

Для утилизации крупногабаритных боеприпасов тротилового снаряжения КНИИМ разработал технологию и оборудование по методу вымывания ВВ расплавом парафина. Этот метод оригинален и не имеет аналогов в нашей стране и за рубежом.

В качестве рабочей жидкости выбран расплав парафина, обладающий рядом преимуществ по сравнению с другими применяемыми рабочими жидкостями (полиметилсилоксановые жидкости, расплав тротила и т.д.). Расплав парафина инертен по отношению ко всем типам ВВ в рабочем диапазоне температур, обладает большой теплоемкостью и низкой вязкостью, взаимно нерастворим в тротиле, плотность расплава парафина почти вдвое ниже плотности расплава тротила, парафин малотоксичен и взрывобезопасен, имеется сырьевая база.

Технологическая схема процесса приведена на рис. 3.1. Процесс проводится следующим образом. Подготовленное к вымыванию изделие устанавливают на стапель установки вымывания наклонно очком вниз и стыкуют через уплотнение с приемной воронкой. В очко изделия вводят форсунку, через отверстия которой в зарядную камору подается расплав парафина. Свободная поверхность заряда омывается струями расплава парафина, при этом внешний слой тротила расплавляется и уносится потоком расплавленного парафина. Смешанный расплав по сливному трубопроводу поступает в аппарат-разделитель, где снижается турбулентность потока и происходит непрерывное гравитационное разделение расплавов парафина и тротила. Расплав парафина перетекает в насосную установку и вновь нагнетается насосом в камору изделия на вымывание. Расплав тротила через гидравлический затвор, препятствующий проходу парафина, поступает в сборник тротила.

Производство по данной технологической схеме реализовано на Брянском химическом заводе.

Извлеченный тротил в этом производстве разливают на плиты и после затвердевания раскалывают на куски. Полу-

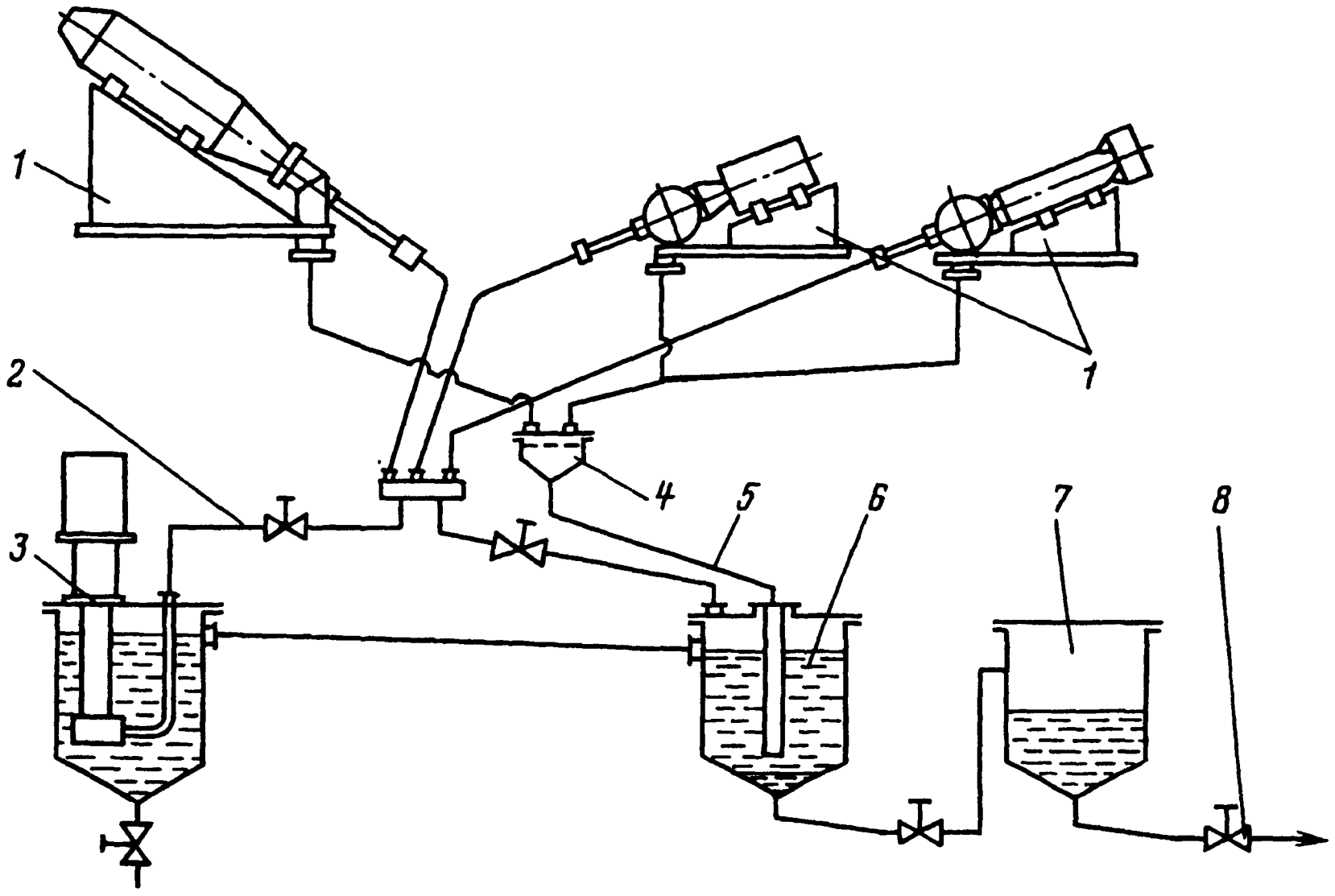

Рис. 3.1. Технологическая схема процесса вымывания ВВ расплавленным парафином:
1 — стапель; *2* — напорный трубопровод; *3* — насосная станция; *4* — фильтр; *5* — сливной трубопровод; *6* — разделитель; *7* — сборник тротила; *8* — клапан

ченный таким образом тротил используют для производства аммонита и промышленных изделий ЗС-70 или ЗКП на существующих производственных участках завода. Планируется производить переработку расплава тротила чешуированием.

Технологический процесс извлечения ВВ расплавом парафина является экологически чистым, так как технологические аппараты и коммуникации герметичны, выбросы паров вредных веществ в атмосферу исключены. Оборудование просто в обслуживании — на установке вымывания занято двое рабочих.

В процессе вымывания парафином заряд ВВ полностью удаляется из корпуса изделия, дополнительная очистка корпуса перед разделкой в металлолом не требуется.

На данном производстве проведено вымывание заряда из авиабомб ФАБ-3000 (масса тротила 1400 кг), при этом время вымывания составило 4 ч.

Участок расснаряжения вымыванием расплавом парафина имеет следующие технические характеристики:

Производительность по вымываемому ВВ, кг/ч	350,0
Размеры расснаряжаемых изделий, мм:	
диаметр	273 – 1060
длина	1060 – 3320
Теплоноситель для вымывания	Парафин
Расход сжатого воздуха, $м^3/ч$	40,0
Расход пара на обогрев (при T = 110 – 120 °С), кг/ч	80,0

С целью обеспечения универсальности технологии вымывания расплавом парафина в КНИИМ проводятся работы по извлечению этим методом зарядов из гексогенсодержащих ВВ и утилизации извлеченных продуктов.

3.7. РАССНАРЯЖЕНИЕ БОЕПРИПАСОВ МЕТОДОМ НЕКОНТАКТНОЙ ВЫПЛАВКИ

Технология расснаряжения головных частей морских боеприпасов типа реактивных глубинных бомб (РГБ), снаряженных смесевыми взрывчатыми веществами (ТНТ, гексоген, Al), основана на способе неконтактной выплавки, предложенном и экспериментально проверенном Самарским государственным техническим университетом. Сущность способа заключается в том, что корпус изделия со снятыми съемными деталями помещают в камеру заливочной горловиной вниз, уплотняют место стыка изделия и камеры, оставляя срез заряда открытым. Наружную поверхность изделия, помещенного в камеру, и вводимый в заливочную горловину оплавник обогревают паром и подвергают воздействию вибрации. При этом заряд плавится, расплав вытекает в зазор между заливочной горловиной и оплавником и направляется в сборник.

Экспериментальная проверка производилась на натурных изделиях РГБ-25, снаряженных смесью МС, с использованием лабораторной установки. Выплавка производилась при обогреве изделия и оплавника паром с температурой 115 °С (давление 0,14 – 0,15 МПа) и при вибрации с амплитудой 0,5 мм и частотой 50 Гц. Время выплавки заряда массой 25 кг составило 20 мин, а полный цикл от загрузки до съема пустого корпуса составил 30 мин.

На основании полученных данных Красноармейским НИИ механизации разработаны технология и оборудование для производства расснаряжения глубинных бомб и утилизации извлеченных взрывчатых материалов (рис. 3.2).

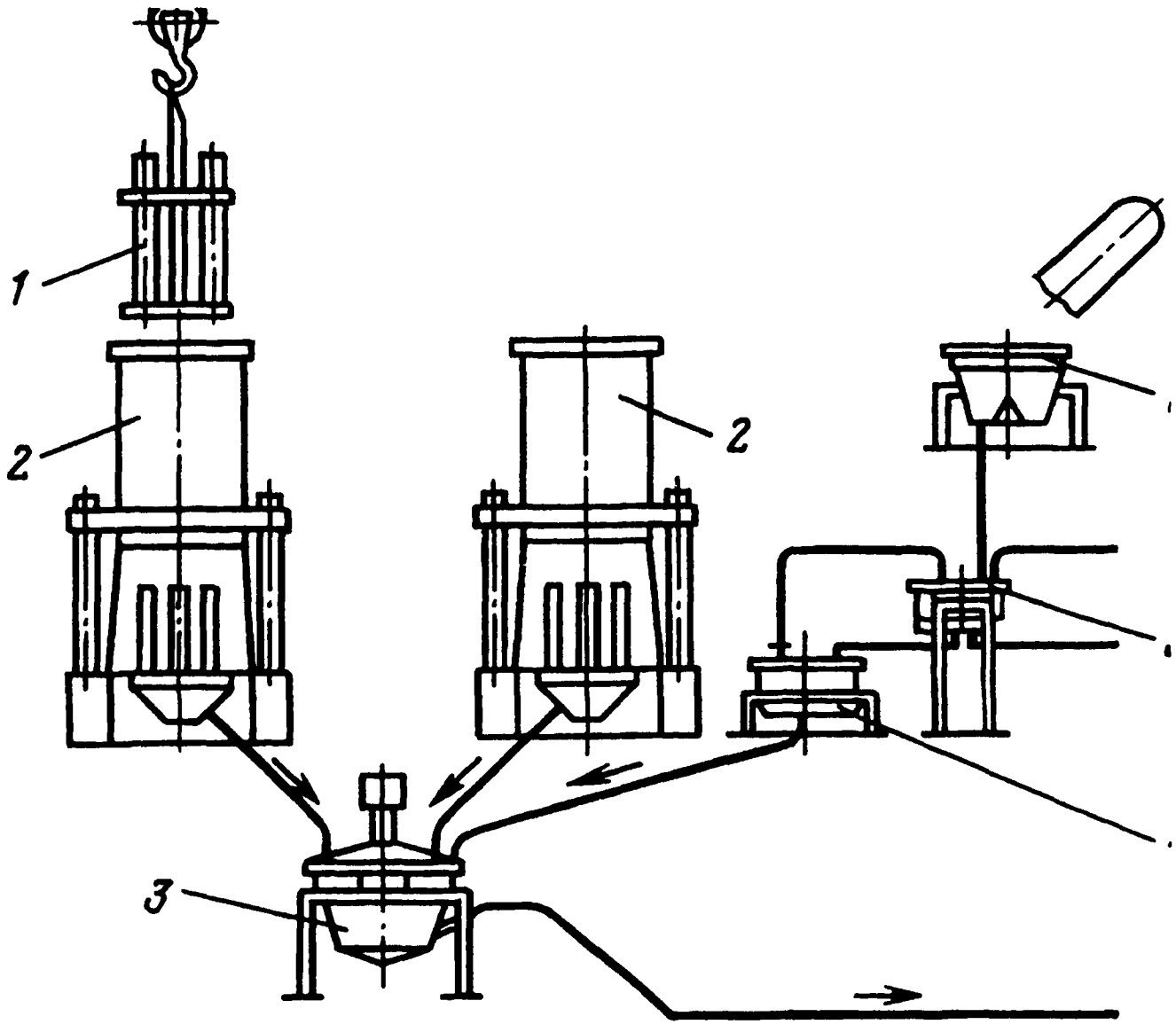

Рис. 3.2. Модуль выплавки:
1 — кассета; *2* — установка выплавки; *3* — сборник-разбавитель; *4* — мерник; *5* — копильник; *6* — плавитель

Подготовка изделий к выплавке заключается в отвинчивании головной части от реактивного двигателя и удалении крышек и других съемных деталей со всех обрабатываемых изделий.

Подготовленные изделия устанавливают в кассеты по одному или группами по три штуки. Кассеты с изделиями перевозят в здание выплавки. С помощью грузоподъемного устройства кассеты с изделиями загружают в камеры установок выплавки. Камеры подключают к паровым коллекторам установок выплавки. Крышки камер выплавки закрывают и проверяют их герметичность подачей сжатого воздуха. После проверки герметичности в камеры выплавки подают пар, обогревающий внешнюю поверхность изделий и оплавники. Опуская камеру выплавки, приводят в соприкосновение срез заряда с оплавником, обогреваемым паром. Затем включают вибраторы на камерах выплавки и оплавниках. При этом плавящийся продукт через кольцевой зазор между оплавником и очком изделия вытекает и направляется в сборник-раз-

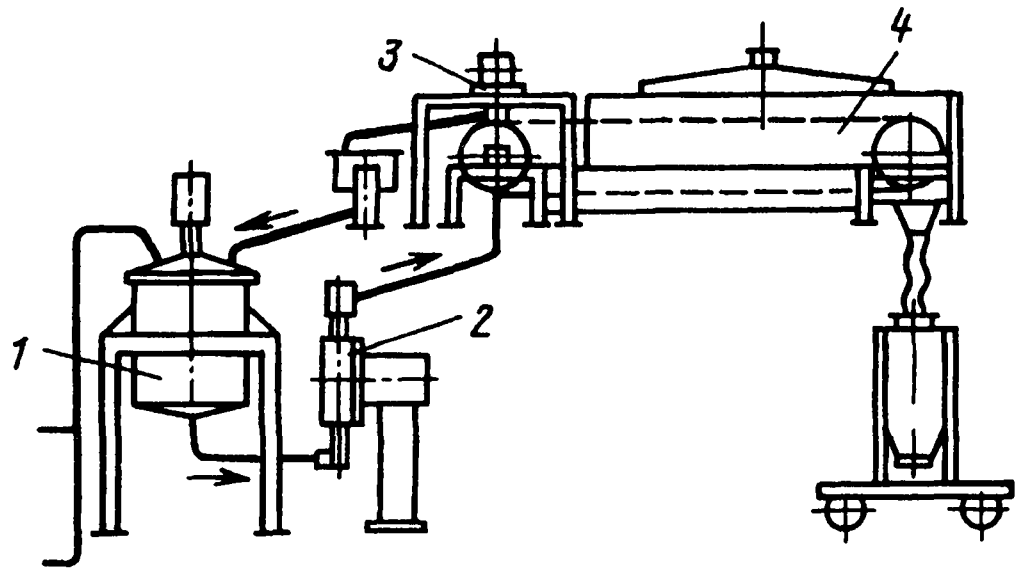

Рис. 3.3. Установка гранулирования:
1 — кондиционер; *2* — диафрагменный насос; *3* — диспергатор; *4* — ленточный кристаллизатор

бавитель. В сборнике-разбавителе извлеченный продукт перемешивается с тротилом. Тротил предварительно плавится в плавителе, накапливается в копильнике, затем отмеренная в мернике доза сливается в сборник-разбавитель, в котором происходит приготовление одной из специально разработанных рецептур: ТГА-25 или ТГА-50, предназначенных для промышленного применения.

Приготовленная в сборнике-разбавителе смесь сжатым воздухом передавливается в кондиционер установки гранулирования (рис. 3.3). Из кондиционера термостатированная и дополнительно перемешанная смесь диафрагменным насосом подается в диспергатор. В диспергаторе из расплава формируются капли, которые укладываются на охлаждаемую ленту кристаллизатора. При движении на ленте капли кристаллизуются, образуя гранулы полусферической формы. Затвердевшие гранулы собираются в накопительном бункере, из которого выгружаются в транспортную тару или расфасовываются в мешки. Разработанная технология реализована в одном из проектов на Брянском химическом заводе.

Установка гранулирования состоит из кондиционера, диафрагменного насоса, диспергатора и ленточного кристаллизатора. Все технологические аппараты связаны обогреваемыми трубопроводами. Контактирующие с продуктом части оборудования и продуктопроводы выполнены из нержавеющей стали.

Техническая характеристика модулей выплавки

Производительность в смену, кг	900
Максимальные размеры обрабатываемых изделий, мм:	
диаметр	550
высота	720
Масса наполнителя одного изделия, кг	150
Количество одновременно обрабатываемых изделий, шт.	4—12

Управление работой участка осуществляется в местном или дистанционном автоматическом режиме с помощью электропневматической системы управления.

3.8. РАССНАРЯЖЕНИЕ БОЕПРИПАСОВ ГИДРОВЫМЫВАНИЕМ ВВ С ГИДРОРЕЗКОЙ КОРПУСА

КНИИМ-метод расснаряжения боеприпасов вскрытием корпуса и последующего извлечения ВВ с помощью струи воды высокого давления (гидрорезка в сочетании с гидровымыванием) позволяет решать широкий спектр задач по утилизации боеприпасов различного назначения и обеспечивать экологическую чистоту разработанных на его основе технологических процессов.

Расснаряжению методом гидрорезки корпуса в сочетании с гидровымыванием ВВ подлежат боеприпасы с корпусами из алюминиевых сплавов, снаряженные составами типа МС, доступ к ВВ у которых ограничен конструктивными особенностями боеприпаса. К таким относятся, например, боевые зарядные отделения (БЗО) торпед.

Суть метода заключается во вскрытии боеприпасов путем вырезания фрагмента корпуса и последующем размывании заряда ВВ с образовавшейся открытой поверхности струей воды высокого давления.

Опытные проработки включали исследования по оценке безопасности метода и отработку технологических параметров процесса.

Исследования по оценке безопасности на начальном этапе работ проведены Всероссийским научно-исследовательским институтом технической физики (ВНИИТФ).

Полученные данные позволили сделать вывод о том, что импульсная высокоскоростная струя диаметром до 2,0 мм, образуемая давлением до 1600 МПа и имеющая скорость до 1800 м/с, как чисто водная, так и с абразивом, при воздействии на заряд ВВ не вызывает взрывчатого превращения. Анализ зарубежных литературных источников дал аналогичные значения пороговых параметров.

Проведенные исследования по безопасности воздействия струи воды с параметрами по давлению до 400 МПа на образцы штатных ВВ (тротил, МС) показали отсутствие

взрывчатого превращения на более чем 40 опытах на каждом ВВ.

В результате исследований совместимости алюмосодержащих ВВ с водой был сделан вывод о том, что в процессе вымывания струей воды высокого давления взаимодействие алюминия, входящего в состав ВВ, с водой в нормальных условиях не происходит.

При проведении лабораторной отработки технологических параметров исследовались две фазы процесса: фаза вскрытия корпуса боеприпаса и фаза размывания заряда ВВ. Резка корпуса проводилась с использованием в качестве основного технологического оборудования насосной установки высокого давления ГЛ-010, разработчиком и изготовителем которой является НВП "Грот" (г. Владимир). Основными техническими характеристиками данной насосной установки являются:

рабочее давление до 400,0 МПа;

расход воды до 2,5 л/мин.

Были получены зависимости скорости резки алюминиевых корпусов от толщины стенки корпуса (рис. 3.4). Диапазон скоростей резки при толщинах 1—6 мм составил 5—250 мм/мин.

При отработке процесса размывания ВВ проводились исследования по выбору основных параметров — рабочего давления и расхода воды. На первом этапе в качестве насоса использовалась установка УВД "Гром" (разработчик и изготови-

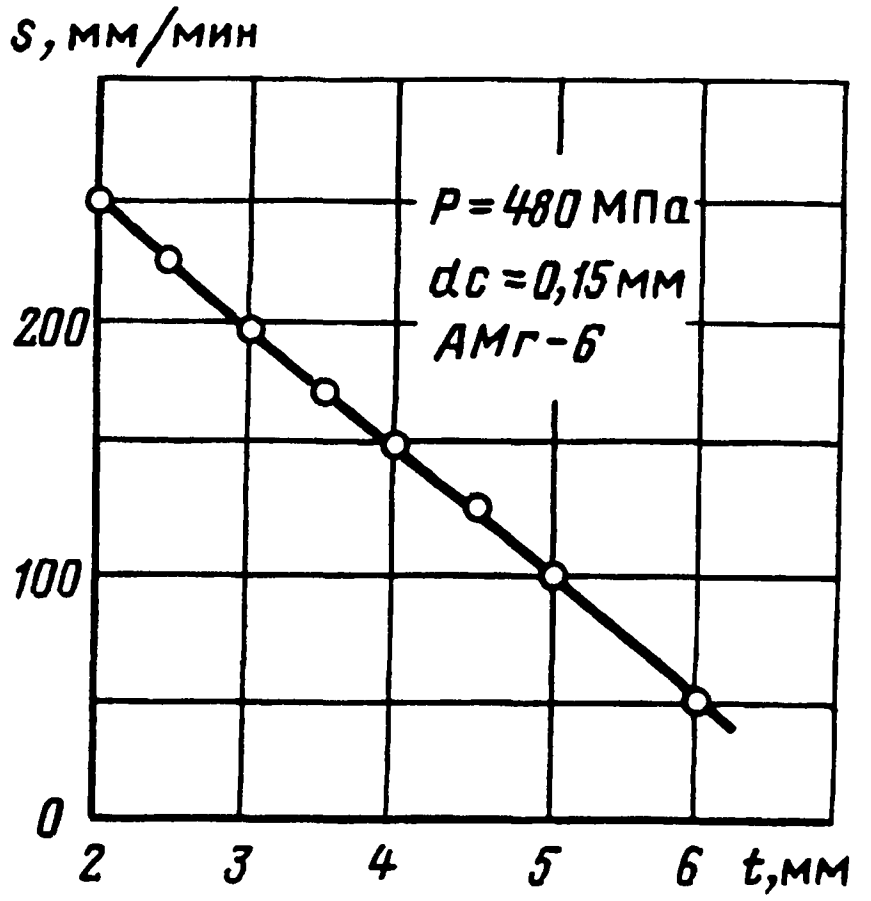

Рис. 3.4. Зависимость скорости гидрорезки (*S*) от толщины разрезаемого материала (*t*)

тель — НПП "Гидролуч", п. Редкино Тверской обл.) с рабочим давлением до 60 МПа и расходом воды до 65 л/мин, что обеспечило температуру водной суспензии ВВ на уровне 25 °С, но потребовало использования мощной системы очистки воды с замкнутым водооборотом.

При оценке влияния рабочего давления на величину объемной эффективности вымывания была получена прямо пропорциональная зависимость данных параметров в диапазоне давлений до 50 МПа и свыше 60 МПа.

При проведении исследований установлено, что существенное влияние на эффективность вымывания оказывает конструкция вымывающих сопел и головок. Был спроектирован и отработан ряд конструкций сопловых головок с различным числом и расположением сопловых отверстий и различным профилем сопла.

При использовании сопловых головок, формирующих обычные (некавитационные) струи, максимальная производительность вымывания была достигнута при скорости относительного перемещения соплового узла 1—5 мм/с.

По результатам отработки был спроектирован и предложен для реализации на Брянском химическом заводе участок утилизации боеприпасов, технологическая схема которого представлена на рис. 3.5.

Участок включает в себя универсальную установку размывания (*1*) в комплекте с насосными установками УВД "Гром" (*2*) и ГЛ-010 (*3*), а также систему очистки технологической воды с замкнутым водооборотом (*4*). Кроме того, участок снабжен комплексной системой управления технологическим процессом, позволяющей производить гидрорезку и вымывание по заданным программам с дистанции.

Установка размывания состоит из станции (*5*), привода вращения изделия (*6*), привода перемещения штатива головок (*7*), головок гидрорезки (*8*) и вымывания (*9*), устройства для зажима изделия (*10*), защитного кожуха (*11*) и устройства для сборки водной суспензии ВВ (*12*).

Система очистки воды содержит емкость с фильтром (*13*), где отделяется основная масса вымытого ВВ. После фильтра загрязненная вода пневматическим насосом (*14*) подается в емкость для отработанной воды (*15*), в которой она собирается и охлаждается. Далее вода очищается на фильтрах тон-

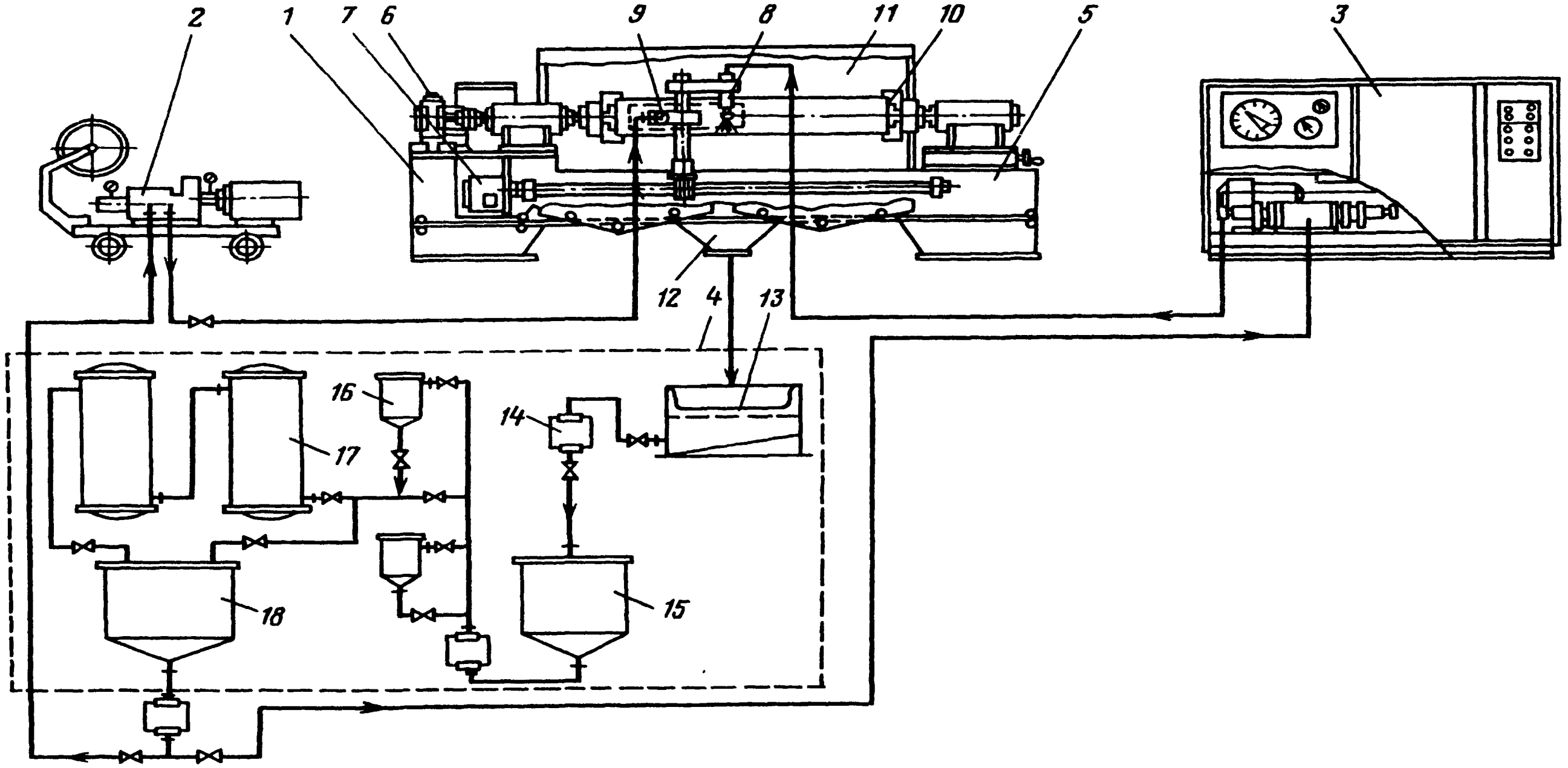

Рис. 3.5. Технологическая схема утилизации БП методом гидровымывания в сочетании с гидрорезкой корпусов

кой очистки (*16*) и собирается в емкости для чистой воды (*18*), откуда возвращается в технологический цикл. При необходимости и перед сбросом в канализацию вода дополнительно очищается от растворенных нитросоединений в адсорбционных колоннах (*17*).

Технологический процесс извлечения ВВ осуществляется следующим образом. Боеприпасы завозятся в мастерскую, проходят подготовительные и контрольные операции, затем подаются на установку размывания. Вскрытие корпуса и размывание ВВ осуществляются дистанционно. Вымытое ВВ, отделенное от воды на фильтре, периодически выгружается из него и передается на дальнейшую переработку. Корпуса после контроля направляются для разделки в металлолом. Экологическая чистота процесса обеспечивается системой очистки воды.

В настоящее время проводится работа по использованию для размывания ВВ в качестве насоса установки ГЛ-010 с ведением процесса при давлениях до 400 МПа и расходе воды до 2,5 л/мин. Это позволит снизить расход воды на извлечение заряда ВВ и энергетические затраты. Однако при этом усложнилась конструкция соплового узла и потребовалось дополнительное охлаждение извлекаемого продукта.

Вымывание ВВ струей воды высокого давления позволяет производить извлечение как плавких, так и неплавких взрывчатых составов, что дает возможность считать данный метод универсальным.

Таким образом, КНИИМ разработан безопасный метод расснаряжения боеприпасов, имеющих сложную внутреннюю конструкцию, и проведена работа по его реализации на создаваемом производстве утилизации Брянского химического завода. Метод может быть рекомендован для широкого использования на других снаряжательных заводах.

3.9. МОДУЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ ДЛЯ ВЫМЫВАНИЯ ВВ ИЗ БОЕПРИПАСОВ СРЕДНЕГО КАЛИБРА

Для извлечения гексогенсодержащих ВВ и других штатных ВВ из корпусов артиллерийских боеприпасов среднего калибра (100 . . . 152 мм), подлежащих утилизации, на базе проведенных экспериментальных работ и отработанных технологий

спроектировано три вида установок модульного типа для вымывания ВВ струей высокого давления, обеспечивающие безопасность и экологическую чистоту технологического процесса. Каждая установка работает совместно с блоком очистки технологических вод.

Первый вид установок (рис. 3.6) – модуль вымывания кабинный с защитными шиберами (2) и вертикально расположенными при обработке изделиями. Модуль размещается в железобетонных кабинах (1) снаряжательных заводов, а при наличии аналогичных кабин может применяться на базах и арсеналах.

Модуль вымывания содержит П-образную раму (*5*) с закрепленным на ней вверху механизмом вращения снарядов. В центре П-образной рамы установлена пара направляющих с тележкой (*3*), а внизу смонтирована емкость с двумя сопловыми головками (*4*). Сопловые головки закреплены на штангах, которые связаны гибким трубопроводом с гидростанци-

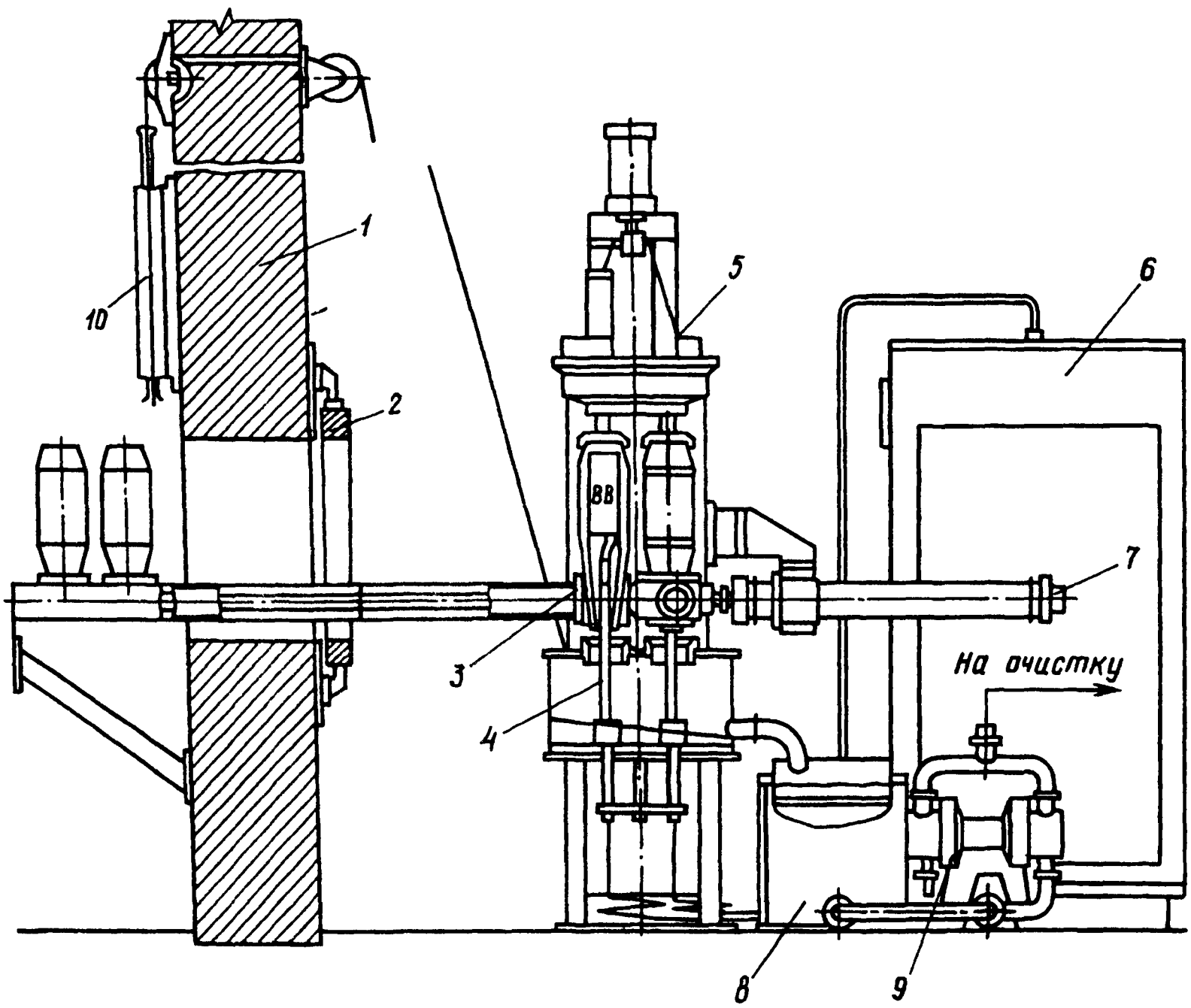

Рис. 3.6. Модуль вымывания кабинный

ей ГЛ-020 (*6*) и могут перемещаться в вертикальном направлении от пневматического привода (*7*).

Подача корпусов в кабину осуществляется тележкой (*3*), установленной на четырех катках и оснащенной приводом от телескопического пневмоцилиндра. Модуль имеет табло (*10*), предназначенное для наблюдения за процессом вымывания (за передвижением сопел), которое установлено на внешней стене кабины.

Управление работой модуля осуществляется с дистанционного пульта пневматической системы управления.

Вода под высоким давлением по гибкому трубопроводу поступает в сопловые головки (*4*) и через форсунки воздействует на срез ВВ. Происходит вымывание ВВ.

В нижней части модуля вымывания кабинного установлен сборник, представляющий собой емкость (*8*) с разделительными сетками под различные фракции продукта. Сборник связан трубопроводом с пневмонасосом (*9*), который предназначен для перекачки суспензии "вода—ВВ" в блок очистки воды.

Техническая характеристика

Производительность по продукту, кг/ч	60—80
Скорость подачи сопловых головок, мм/с	2—5
Частота вращения изделий, $мин^{-1}$	50—90
Установленная мощность электрооборудования, кВт	32,5
Габаритные размеры (без ГЛ-020), мм	3420×1500×2400

Второй вид установок — модуль вымывания магазинный. Модуль применяется в обвалованных зданиях мастерских снаряжательных заводов и поэтому предусматривает повышенную загрузку по ВВ.

Модуль вымывания магазинный включает в себя магазинное устройство, представляющее собой вертикально замкнутый цепной конвейер шагового перемещения. Конвейер оснащен трубчатыми горизонтально расположенными ложементами под изделия и приводом от пневмоцилиндра. На верхней ветви транспортера смонтирована головка вымывания, содержащая шпиндельную бабку с приводом, механизм подачи сопловой головки, который связан гибким трубопроводом с гидростанцией высокого давления ГЛ-020.

Под выходными патрубками узла вымывания установлен сборник, представляющий собой емкость с разделительными сетками под различные фракции продукта. Сборник связан

трубопроводом с пневмонасосом, который предназначен для перекачки суспензии "вода – ВВ" в блок очистки воды.

Магазинное устройство загружается наполненными изделиями (верхняя и нижняя ветки). Дистанционно включается автоматический режим работы, и производится вымывание продукта сразу из двух изделий. После окончания вымывания конвейер делает ход на два шага вперед, и производится вымывание ВВ из следующих двух изделий. Процесс повторяется до вымывания всех изделий, находящихся на транспортере магазинного устройства.

Техническая характеристика

Производительность, кг/ч	70 – 90
Скорость подачи сопловых головок, мм/с	2 – 5
Частота вращения изделий, $мин^{-1}$	50 – 90
Количество изделий в магазине, шт.	34
Давление воды, МПа	250
Установленная мощность электрооборудования, кВт	32,5
Габаритные размеры (без ГЛ-020), мм	3170×1920×1450

Третий вид установок – модуль вымывания кассетный. Этот модуль по своим габаритам лучше всего подходит для использования его в контейнерном исполнении на базах и арсеналах.

Модуль вымывания кассетный содержит основание, представляющее собой сварную конструкцию, на котором установлена головка вымывания. С противоположной стороны от головки вымывания смонтированы блок вращения и его привод. В центре основания, в направляющих швеллерах, подвижно установлена тележка, на которой на конических штырях расположена кассета с 12 ложементами под изделия, расположенными в два ряда. В основании кассеты имеются четыре опорные поверхности с фиксирующими отверстиями. На основании смонтирован привод шагового перемещения тележки.

Под выходным лотком головки вымывания установлен сборник, представляющий собой емкость с разделительными сетками на различные фракции продукта. Сборник связан трубопроводом с пневмонасосом перекачки суспензии "вода – ВВ" в блок очистки воды. Вся установка монтируется вместе с установкой высокого давления ГЛ-020.

Кассета загружается наполненными изделиями (верхний и нижний ряды), устанавливается на тележку и перемещается

на позицию вымывания. Дистанционно включается автоматический режим работы. Срабатывают пневмоцилиндры перемещения головки вымывания, которые зажимают два изделия между упорными чашками блока вращения и головкой вымывания. Включается вращение изделия, а затем установка ГЛ-020, и вода под давлением поступает в сопловые головки. Включается гидроцилиндр перемещения сопловых головок, и производится вымывание ВВ из изделий. После завершения вымывания двух изделий отключается установка ГЛ-020, отключается вращение изделий, и изделия разжимаются. Включается привод шагового перемещения тележки, и кассета перемещается на один шаг; затем цикл повторяется.

Суспензия "вода—ВВ" по лотку из головки вымывания поступает на разделительные сетки сборника, где крупная фракция ВВ отделяется на сетках, а остальная часть воды с ВВ перекачивается насосом в блок очистки воды.

Процесс повторяется до завершения вымывания всех изделий, находящихся в кассете, и на дистанционном пульте управления высвечивается сигнал об окончании всего цикла вымывания.

Техническая характеристика

Производительность, кг/ч	50—70
Скорость подачи сопловых головок, мм/с	2—5
Частота вращения изделий, мин	20—150
Установленная мощность электрооборудования, кВт	32,5
Давление воды, МПа	250
Габаритные размеры (без ГЛ-020 и контейнера), мм	2200×1550×1015

3.10. ЗАРУБЕЖНЫЕ МЕТОДЫ УТИЛИЗАЦИИ БОЕПРИПАСОВ

Изменения в военно-политической обстановке, произошедшие в странах Европы за последние годы, привели к новым взглядам в военной политике на структуру вооруженных сил стран НАТО. Договор об обычных вооруженных силах в Европе (ОВСБ) и решения правительств стран Западной Европы об уменьшении численности своих вооруженных сил, сроки их реализации резко обострили проблему ликвидации излишков вооружения и боевой техники. Сложность этой проблемы заключается в отсутствии производственных мощностей по расснаряжению боеприпасов, ракет, демилитаризации и утилизации боевой техники и

вооружения, а также по переработке взрывчатых веществ. Развертывание производств по утилизации и уничтожению боеприпасов требует больших, практически безвозвратных затрат. По оценкам германских специалистов, ликвидация одного килограмма боеприпасов обойдется от 5 до 15 немецких марок.

Во многих зарубежных странах началу широкомасштабной практической работы по утилизации обычных видов боеприпасов предшествовали значительная организационная работа и научные проработки по всем аспектам проблемы, в результате чего были выработаны концепции программ и разработаны основополагающие документы. Процесс утилизации в этих странах в достаточной степени, в отличие от России, подтвержден законодательной базой, обеспечивающей решение следующих основных требований:

— единые подход и руководство в оценке состояния боеприпасов;

— единые основные принципы в подходе к процессам утилизации промышленности;

— степень демонтажа и расснаряжения определяются экономическими аспектами и требованиями защиты окружающей среды;

— процесс ликвидации боеприпасов осуществляется по этапам: анализ состояния; оценка возможности использования компонентов; расснаряжение или уничтожение; утилизация или уничтожение компонентов;

— методы утилизации должны быть безопасными, экономичными и экологически чистыми, предпочтение отдается методам, которые позволяют утилизировать, а не уничтожать материалы;

— утилизация взрывчатых материалов (ВМ) и других компонентов имеет смысл только в случаях, когда для вторичного использования не требуется создания сложных производственных процессов или в целях извлечения дорогостоящих компонентов;

— все органические материалы, утилизацию которых реализовать технически сложно или экономически нецелесообразно, подлежат контролируемому сжиганию;

— защита окружающей среды является дорогостоящим элементом программы демилитаризации, в связи с чем дохо-

ды от реализации утилизируемых материалов не могут покрыть расходы на утилизацию или уничтожение;

— утилизация боеприпасов является в целом убыточной, и для покрытия расходов на нее требуются значительные дотации из федерального бюджета.

В понятие утилизации военного имущества зарубежные специалисты включают широкий спектр технологических процессов: от переработки бытовых отходов гарнизонов до расснаряжения и уничтожения ракет, боеприпасов, подводных лодок, а также переработку компонентов техники, вооружения и боеприпасов для промышленного использования.

В странах Западной Европы основная нагрузка по проведению утилизации и реализации военного имущества возложена на частные и коммерческие структуры.

По заявлению специалистов США, в связи с сокращением и выводом войск с территорий других государств на территории США скопилось большое количество вооружения, специальных и обычных боеприпасов. Вооруженные силы США в Европе содержат на складах и в частях 471 600 тыс. т боеприпасов.

Для Германии положение усугубилось передачей на вооружение бундесвера военного имущества бывшей ННА ГДР и выводом иностранных войск с ее территории.

С октября 1990 г. бундесвер при передаче в его состав частей ННА ГДР принял на снабжение их боеприпасы, виды которых и количество (в т) приведены ниже.

Стрелковые боеприпасы	600
Артиллерийские и минометные	52 900
Зенитные снаряды	21 800
Реактивные снаряды	23 600
Танковые и для БМП	66 000
Противотанковые	18 000
ПТУР	500
Зенитные ракеты малой дальности	500
Управляемые ракеты "воздух—воздух"	429
Управляемые ракеты "воздух—земля"	406
Неуправляемые ракеты	656
Бомбы	290
Боеприпасы бортового вооружения	886
Боеприпасы корабельной и зенитной артиллерии	2 909
Морские мины	2 208
Глубинные бомбы	785
Сосредоточенные заряды, противотанковые и противопехотные мины	16 000
Пиротехнические дымовые средства	6 898
Всего боеприпасов (Т)	29 5430
Всего типов боеприпасов	532

Несколько лучше положение с ликвидацией излишков военного имущества и боеприпасов в армиях других стран Западной Европы. Из их состава подлежат утилизации боеприпасы, снятые с вооружения и подпадающие под статьи договора ОВСБ.

По заключению зарубежных специалистов, утилизация боеприпасов включает в себя несколько процессов, основными из которых являются:

— определение категории пригодности к дальнейшему использованию, списание вооружения и передача на утилизацию, реализация через посредников или уничтожение;

— разрезание и разделение на компоненты;

— переработка компонентов боеприпасов для промышленного использования.

Распределение функций органов управления при реализации боеприпасов и их утилизации показано ниже.

Министерство обороны	Принятие решения: о дальнейшем использовании; о передаче третьим странам; о списании
Техническая служба Федерального управления по технике и закупкам	Техническое обследование Проверка документации Выбор способа утилизации
Федеральное управление по технике и закупкам	Сотрудничество в принятии решения: о затратах на утилизацию; о поддержке фирмы VEBEG в утилизации; о планировании, стимулировании и контроле утилизации; об оценках методов утилизации

Серьезной проблемой для военных ведомств и промышленности зарубежных стран является задача утилизации и уничтожения боеприпасов и взрывчатых веществ. Особую остроту эта проблема принимает в странах Западной Европы, обладающих малой территорией и высокой плотностью населения. Сложность решения задачи утилизации боеприпасов усугубляется их высокой степенью опасности и отсутствием специализированных производств большой мощности.

При подробном изучении проблемы утилизации боеприпасов руководство военных ведомств и специалисты промышленности Германии разработали ряд требований для организации работ по их уничтожению:

— развертывание высокопроизводительных производств расснаряжения и утилизации компонентов боеприпасов, а

также их переработки для промышленного применения является одним из приоритетных направлений промышленности Германии;

— все мероприятия по уничтожению боеприпасов и ВВ должны производиться на территории восточных земель Германии в местах дислокации складов и предприятий по их обслуживанию;

— широкое привлечение к развертыванию процессов расснаряжения, утилизации и уничтожения боеприпасов и взрывных устройств специалистов бывшей ННА, имеющих опыт обращения с ними;

— безусловная, полная и безвредная для окружающей среды нейтрализация или уничтожение всех компонентов после расснаряжения боеприпасов.

Изучение и анализ методов и способов утилизации всех видов боеприпасов, применяемых зарубежными странами, показали, что в условиях стран Западной Европы наиболее целесообразными являются:

— расснаряжение с последующим уничтожением и переработкой компонентов боеприпасов;

— уничтожение методом дробления и сжигания в специально оборудованных печах;

— переработка для промышленного коммерческого применения.

Схема основных процессов, применяемых при утилизации боеприпасов, показана на рис. 3.7.

В соответствии с обоснованными требованиями и выбранными направлениями утилизации зарубежными фирмами разработан ряд технологий утилизации боеприпасов.

Одна из технологий для уничтожения артиллерийских снарядов калибром до 45 мм предусматривает уничтожение боеприпасов без разборки — взрыванием в герметичных емкостях с последующей очисткой отходящих газов от экологически опасных веществ. Оборудование для уничтожения взрывчатых веществ и средств взрывания совмещает в себе устройства для уничтожения боеприпасов и утилизации отходов в единый технологический комплекс, выполненный в виде мини-завода. Предполагается пять вариантов переработки и утилизации отходов.

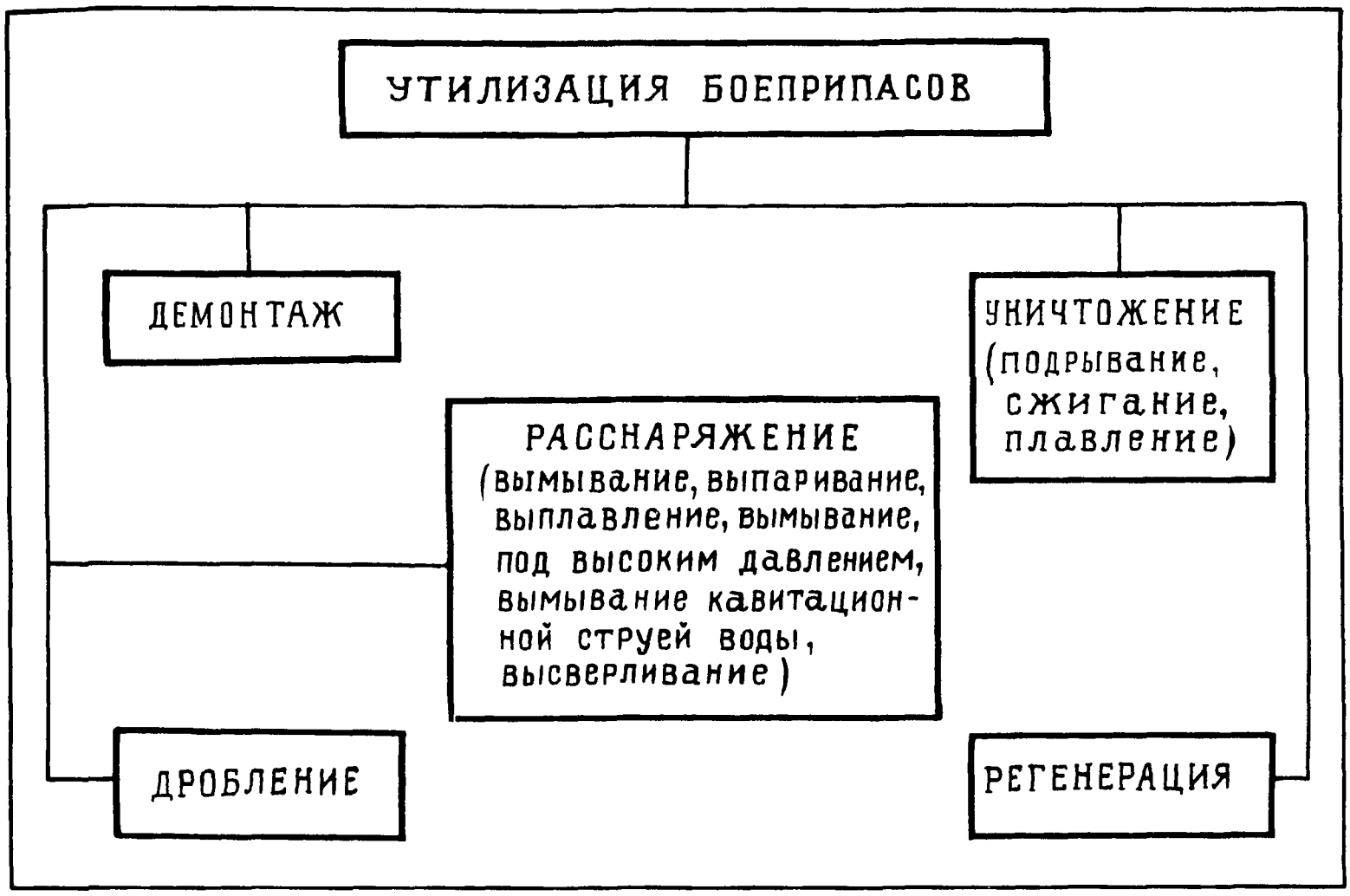

Рис. 3.7. Схема основных процессов, применяемых при утилизации боеприпасов

По первому варианту производят восстановление ВВ. Продукция уничтожения боеприпасов переводится в состояние жидких взрывчатых отходов (ЖВО) и транспортируется на предприятия для утилизации. Пиротехническое снаряжение требует другой, а именно, химической переработки, отличной от бризантных ВВ.

По второму варианту ЖВО сжигаются до окиси азота, последняя поступает в химический реактор для получения азотной кислоты.

По третьему варианту продукты сжигания ЖВО подвергаются окислению с получением дополнительного тепла, азота и инертной золы.

По четвертому и пятому вариантам после сжигания ЖВО окись азота преобразуется в азотную кислоту, которая в последующем соединяется с аммиаком с образованием в результате их взаимодействия аммиачной селитры.

Холодные высоконапорные водяные струи давно использовались в промышленности для очистки и резки. Фирма "Альба индастрис" ("ALBA INDUSTRIES") разрабатывает данную технологию для решения проблемы разделки боепри-

пасов. Для этих целей создана система "Экскалиба" ("EXCALIBUR"), которая позволяет безопасно и быстро струей высокого давления воды разрезать боеприпас любого вида и вымывать из него ВВ независимо от того, в каком оно состоянии находится. Система защищена международными патентами.

Рабочая головка режущей системы может находиться на расстоянии до 1000 м от насоса высокого давления или под водой на глубине до 600 м. Такая схема повышает эффективность работ, потому что нет необходимости перемещать всю систему от объекта к объекту или перемещать боеприпасы к системе, что позволяет снизить затраты и повысить безопасность работ.

Вся система "Экскалиба" размещается в контейнере и может транспортироваться автомобильным или другими транспортными средствами.

В зависимости от решаемой задачи используются две различные системы:

— с высоконапорной водяной струей, имеющая универ-

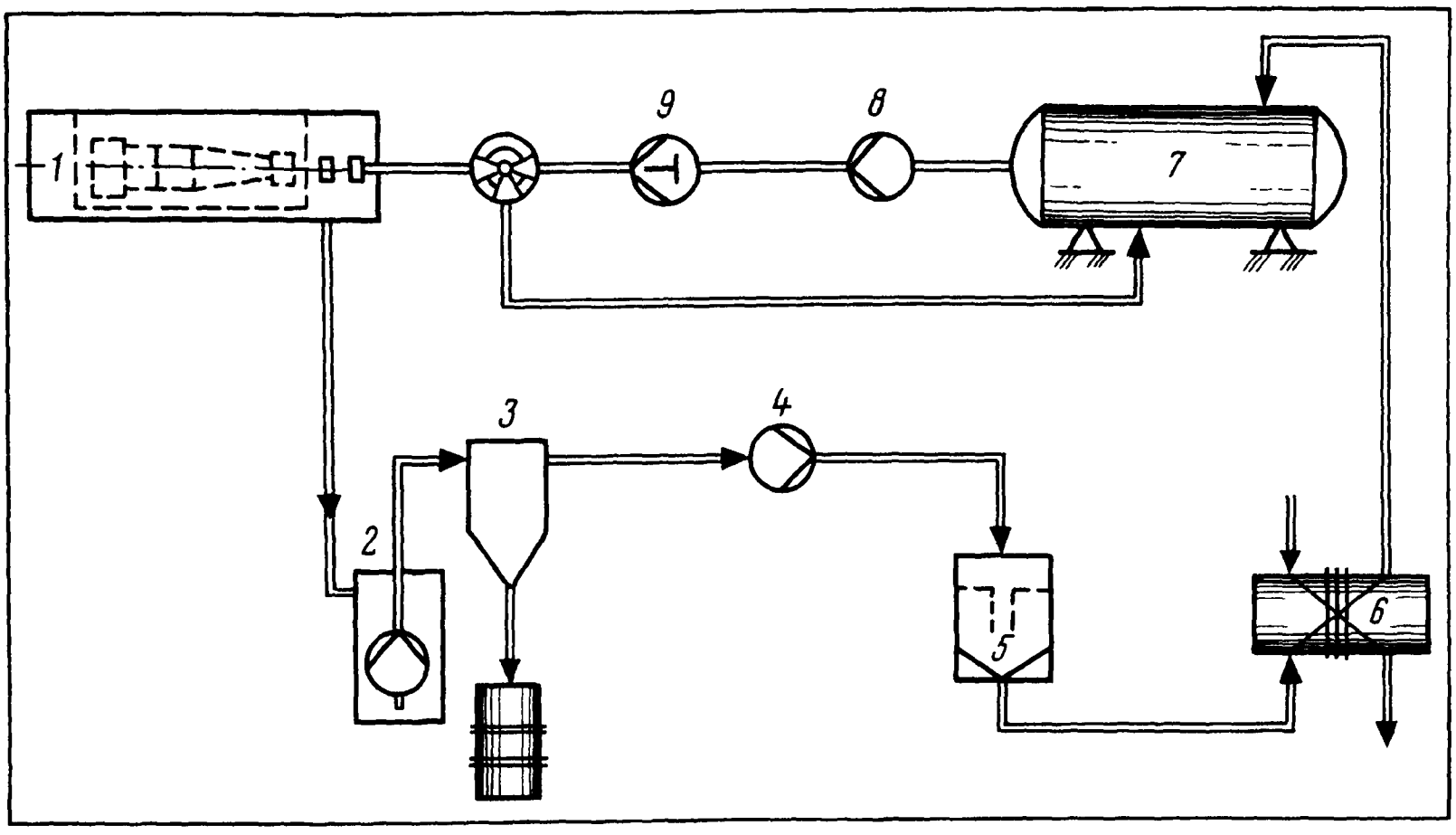

Рис. 3.8. Схема системы извлечения ВВ из боеприпасов высоконапорной струей воды:
1 — блок вымывания ВВ из корпуса боеприпаса; *2* — насос для подачи смеси вымываемого ВВ с водой; *3* — сепаратор для разделения шлама из ВВ и воды; *4* — насос для подачи оборотной воды; *5* — фильтр для тонкой очистки оборотной воды; *6* — теплообменник для отвода тепла, выделяющегося при работе насоса высокого давления; *7* — ресивер для оборотной воды; *8* — промежуточный (буферный) насос; *9* — насос высокого давления

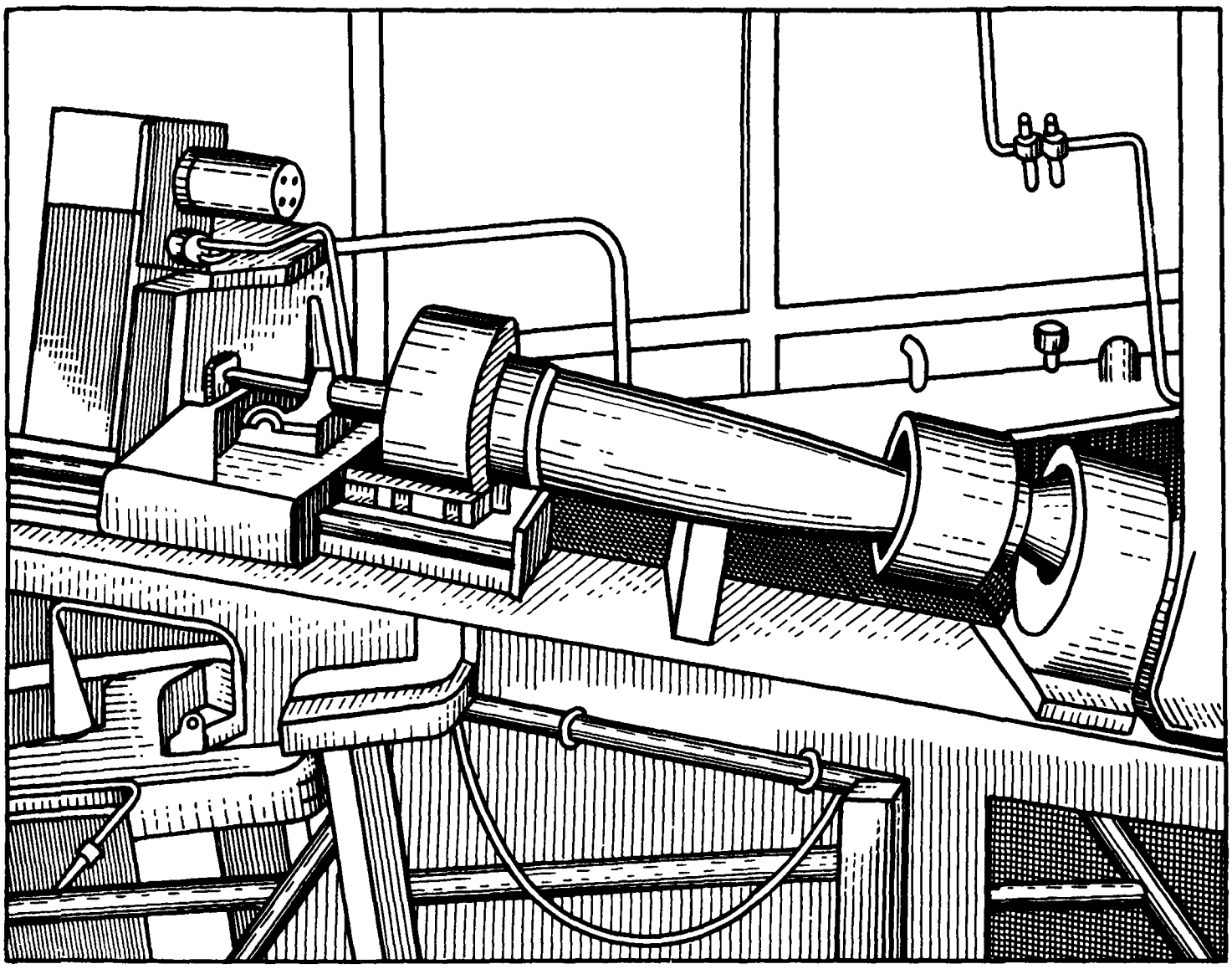

Рис. 3.9. Общий вид блока вымывания ВВ из корпуса

сальное применение для вымывания ВВ из боеприпасов или твердого топлива из ракет;

— с высоконапорной абразивной водяной струей, имеющая универсальное применение для резки боеприпасов и ракет.

Системы с высоконапорной водяной струей включают девять основных узлов (рис. 3.8).

Для вымывания ВВ корпус боеприпаса (рис. 3.9) фиксируется в блоке вымывания. Поворотная рабочая головка, снабженная насадкой, приспособленной для боеприпасов данного типа, подается в корпус и удаляет ВВ высоконапорной водяной струей.

Вода, используемая для вымывания, подается по оборотной схеме (см. рис. 3.8). От ресивера (*7*) промежуточный (буферный) насос (*8*) подает воду к насосу высокого давления (*9*). Последний подает воду под давлением 50 МПа (максимум) к блоку вымывания (*1*). Образующиеся при вымывании суспензии ВВ и воды подаются насосом (*2*) в сепаратор (*3*), где происходит их разделение. Осветленная вода поступает

через насос (*4*), фильтр (*5*) и теплообменник (*6*) обратно в ресивер (*7*).

Преимущества системы: позволяет вымывать любое ВВ и инертные заполнители; корпус изделия очищается от снаряжения полностью; нет никаких температурных нагрузок; универсальное применение для вымывания ВВ из различных боеприпасов: артиллерийских, минометных, пустотелых снарядов, мин, бомб, боеголовок, ракетных двигателей; высокая производительность по размыву ВВ; давление воды ограничено 50 МПа; расход воды ограничен 150 л/мин; высокая степень безопасности; минимальный износ насоса высокого давления; замкнутая система циркуляции используемой воды.

Примеры применения системы для вымывания ВВ из боеприпасов приведены в табл. 3.3.

В зависимости от требований заказчиков система может выполняться в различной комплектации.

Основная установка может использоваться как вспомогательное оборудование на действующих заводах, осуществляющих снаряжение боеприпасов, для вымывания ВВ из бракованных боеприпасов. В такой комплектации подача корпусов боеприпасов осуществляется вручную.

В установках для разделки большого количества боеприпасов увеличивается количество вымывающих блоков до 5 шт. и дополнительно устанавливается система автоматической подачи корпусов боеприпасов.

Для условий, когда транспортировка боеприпасов, подлежащих разделке, невозможна, создана передвижная установка, смонтированная в стандартных контейнерах на стальных рамах с салазками. В такой установке подача и введение корпусов боеприпасов могут быть ручными или автоматизированными.

Таблица 3.3

Применение системы для вымывания ВВ

Тип оболочки	Калибр, мм	Тип заполнителя	Масса заполнителя, кг	Продолжительность вымывания, мин
M1	105	ТНТ	2,1	0,9
M107	155	ТНТ	6,6	2,5
L15A-1	155	Комп. В	11,3	5,0
M437E2	175	Комп. В	14,0	5,0

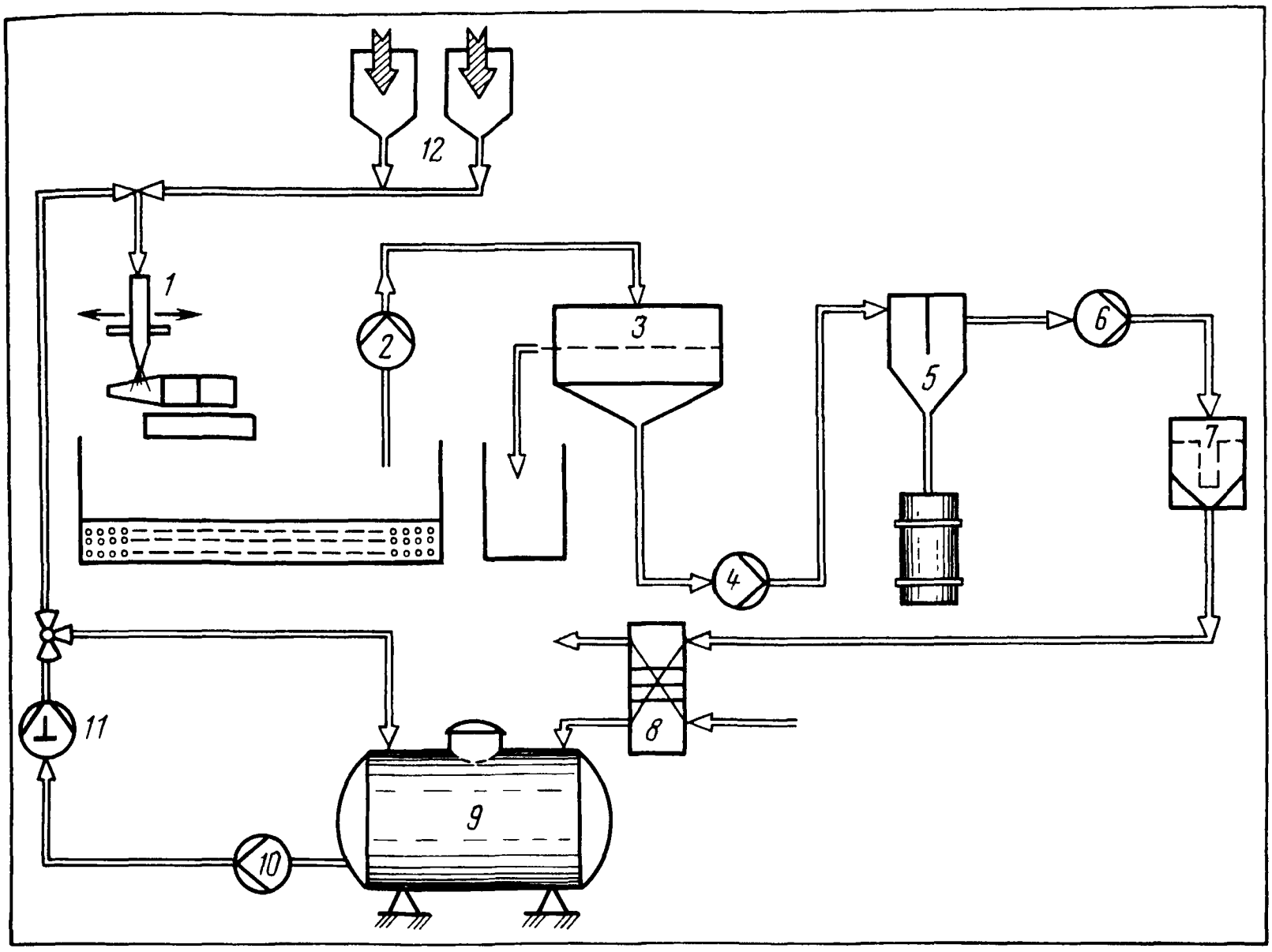

Рис. 3.10. Схема системы вымывания ВВ из боеприпаса высоконапорной абразивной водяной струей:
1 — режущий блок с фиксирующим устройством для крепления корпусов боеприпасов, режущего устройства и ловушки; *2* — насос для подачи воды с абразивом; *3* — сито для подготовки абразива; *4* и *6* — насосы для подачи оборотной воды; *5* — сепаратор для отделения использованного абразива; *7* — фильтр для тонкой очистки оборотной воды; *8* — теплообменник для отвода тепла; *9* — ресивер для оборотной воды; *10* — промежуточный насос; *11* — насос высокого давления; *12* — блок для введения абразивной суспензии в высоконапорный водяной поток

В соответствии с требованиями заказчика могут поставляться следующие дополнительные устройства: специальные размывочные блоки для бомб, мин и боеголовок, закрытая система охлаждения воды; ленточные фильтры для обезвоживания осадка вымытого ВВ, холодной обработки осадка ВВ, превращение его добавкой вяжущего в самосжигаемое состояние; установка регенерации ВВ для повторного их использования; очистки воды, загрязненной ВВ, с помощью активированного угля; экологически чистые установки для сжигания ВВ.

Система с высоконапорной абразивной водяной струей включает двенадцать основных узлов (рис. 3.10).

Общий вид системы разрезания боеприпасов показан на рис. 3.11. Для разрезания корпус боеприпаса устанавливается

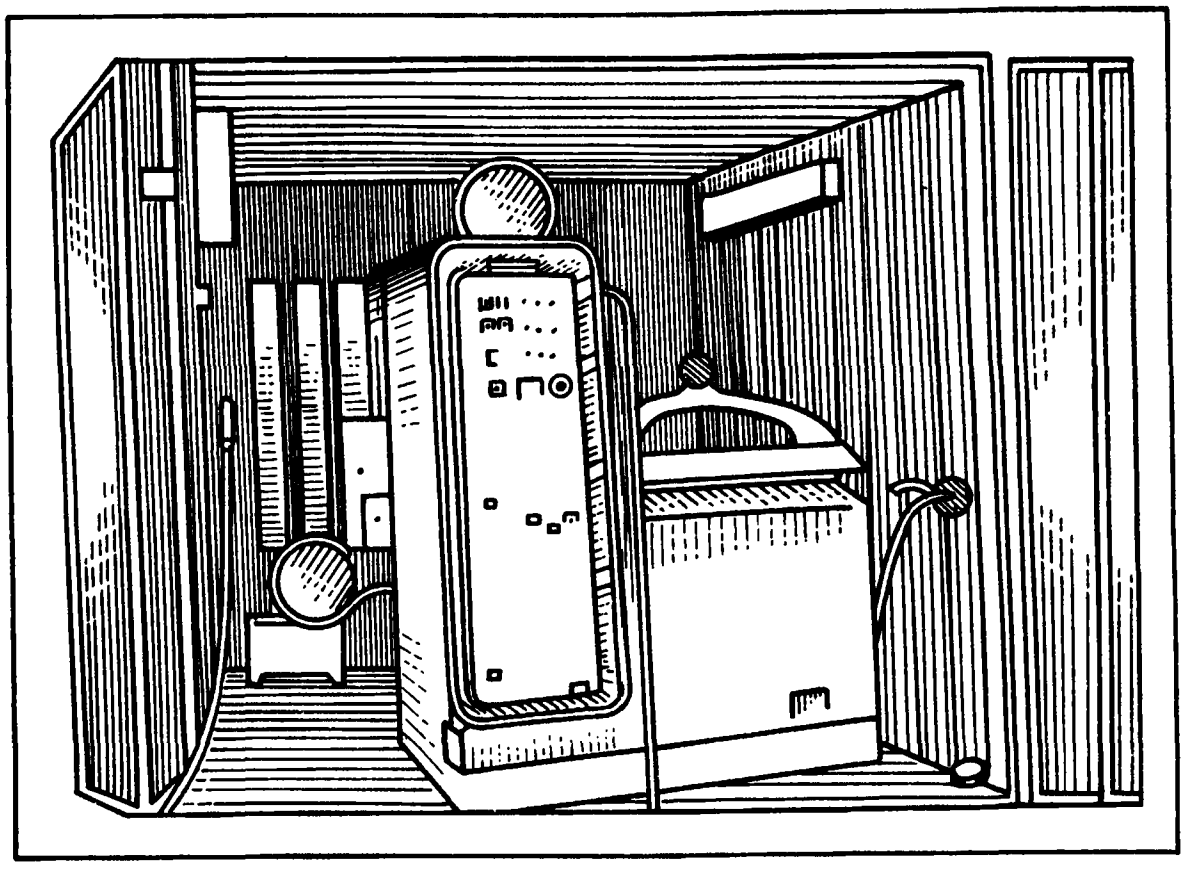

Рис. 3.11. Общий вид оборудования для разрезания боеприпасов

и фиксируется в режущем блоке. Подвижная режущая насадка перемещается вдоль требуемой линии реза с заранее выбранной скоростью (рис. 3.12). Абразивная водяная струя разрезает корпус боеприпаса. Общий вид разрезанных боеприпасов и характер разреза показаны на рис. 3.13.

Вода используется для резки по оборотной схеме (см. рис. 3.10). Из ресивера (*9*) промежуточный насос (*10*) подает воду к насосу высокого давления (*11*). Последний подает воду под давлением 33 МПа в режущую головку (*1*).

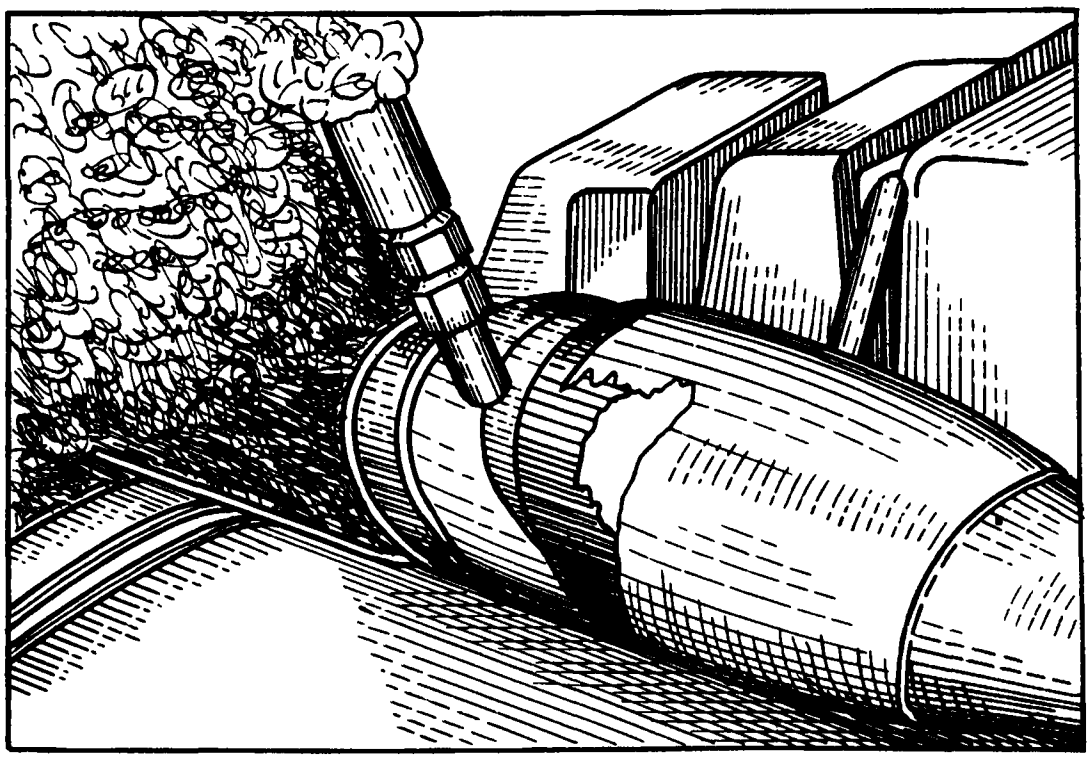

Рис. 3.12. Схема взаимного положения режущей насадки и боеприпаса

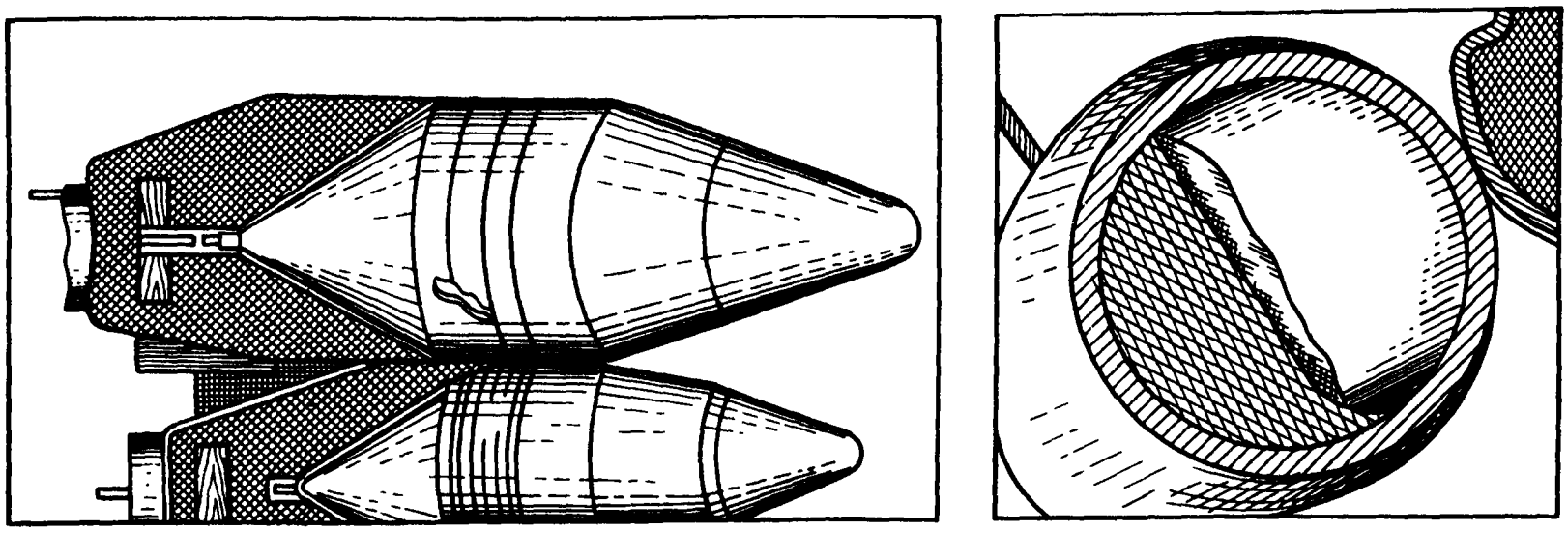

Рис. 3.13. Вид разрезанных боеприпасов

Требуемое количество абразива добавляется к высоконапорной воде с помощью водоабразивного блока (*12*). Высоконапорная абразивная струя воды тормозится ловушкой, и водоабразивная смесь подается насосом (*2*) на сито (*3*), на котором осуществляется отделение абразива для повторного его использования. Вода и тонкий абразив, прошедшие через сито, подаются насосом (*4*) в сепаратор (*5*), где осаждается тонкий абразив, не используемый в дальнейшем. Насос (*6*) подает осветленную воду через фильтр (*7*) на теплообменник (*8*) и обратно в ресивер (*9*).

Рассматриваемая система с абразивной водяной струей высокого давления может применяться для:

– резки артиллерийских снарядов, мин, кумулятивных снарядов, бомб, боеголовок, заполненных ТНТ, композициями В, Н6, А4, тритоналом и т.д. или инертными заполнителями;

– резки оболочек взрывателей, которые не могут быть разобраны;

– специфического вырезания взрывателей из мин или бомб;

– резки гильз взрывателей или пиротехнических композиций;

– резки ракетных двигателей.

Основные характеристики системы

Максимальное давление воды, МПа	33
Температура в зоне реза, °С	Менее 80
Максимальный расход воды, л/мин	70
Расход абразива, кг/мин	4 – 8
Удаление режущей насадки от насоса, м	500
Разделение головных частей гильз калибра 155 мм, мин	2

Скорость резания в зависимости от материала корпуса и толщины приведена в табл. 3.4.

Таблица 3.4

Скорость резания абразивно-водяной струей

Материал	Толщина, мм	Скорость резания, мм/мин
Сталь	10	240
Сталь	23	90
Титан	3	600
Нержавеющая сталь	7	270
Бетон В35	560	10

Преимущества системы заключаются в том, что она позволяет разрезать боеприпасы любого вида; отсутствует термическое влияние на разрезаемые кромки и материал; рез свободен от заусенец; имеется возможность резать по контурам любой формы; обеспечивается точная установка углов резания и глубины реза; низкий уровень шума; возможность резать в опасных зонах; высокая степень безопасности; минимальный износ насоса высокого давления; обеспечена возможность рециркуляции используемой воды; в зависимости от материала до 70 % абразива может быть использовано повторно.

Комплектация систем с высоконапорной абразивной водяной струей выполняется аналогично системам с высоконапорной водяной струей, т.е. они выполняются в виде вспомогательных блоков для действующих заводов, установок для больших объемов работ по разделке боеприпасов и в виде передвижных установок. Основная (базовая) установка без системы рециркуляции воды включает насос высокого давления, водоабразивный блок и режущее устройство (подвижную насадку). Она предназначена как для стационарного, так и для мобильного использования.

Кроме рассмотренных выше способов применяются также выпаривание, выплавление, высверливание, дробление и другие способы извлечения ВВ и разрезания боеприпасов.

Активная деятельность предпринимателей Германии при финансовой поддержке правительства позволила перепрофилировать ряд предприятий восточных земель для утилизации боеприпасов. В 1991 г. для расснаряжения и утилизации 30 тыс. т боеприпасов и ВВ было ассигновано 150 млн. немецких марок. Широкое распространение при этом получило перепрофилирование мастерских по ремонту и обслу-

живанию бывшей армии ГДР, что дало возможность сохранить опытных специалистов и использовать их по назначению. Для совершенствования процессов производства применяются технологии ряда западногерманских фирм.

Фирмы "SIVG" и "EBV" (г. Фогельзанг) занимаются расснаряжением 23,- 57,- 100- и 152-миллиметровых боеприпасов. Ежедневно специалистами фирмы "EBV" рассна-ряжается 1000 снарядов. В организации процессов рассна-ряжения принимают участие западногерманские фирмы "Рейнметалл", "Динамит Нобель" и МББ. Последняя совместно с фирмой "Лурги" предполагает развернуть в районе Вайхенсдорф центр по утилизации боеприпасов и ВВ с организацией процессов переработки компонентов для промышленного использования. При расснаряжении боеприпасов все металлические компоненты поступают в переплавку, взрывные устройства уничтожаются на предприятии в Кенигсварте. Порох и метательные заряды сжигаются в четырех шахтах печей предприятия "EBV" под г. Торгау. Возможности предприятия допускают ежедневно уничтожать до 6 т пороховых зарядов с применением установок по очистке выбрасываемых газов.

Пиротехнические средства расснаряжаются специалистами фирм: "Заксенфойерверк" (г. Фрайберг), "Инштадсзетуунгеверк" (г. Пиннов), "Пиротехник зильберхютте" (г. Харцероде).

Бывшая центральная мастерская по ремонту ЗРК, ПТРК, автомобилей и РЛС реорганизована в предприятие "Шнециальтехник АГ" (г. Дрезден), которое осуществляет переработку жидкого ракетного топлива для промышленного применения.

Организующая роль в утилизации боеприпасов и взрывных устройств отведена фирме "Тройаг". В 1991 г. фирма заключила контракты с семью фирмами, производящими утилизацию боеприпасов и расположенными в восточных землях Германии, на сумму 118,5 млн. немецких марок. В рамках этих контрактов было уничтожено 28 тыс. т различных боеприпасов и ВВ. Контроль за процессами утилизации и уничтожения боеприпасов в соответствии с контрактами осуществляется специалистами фирмы "Тройаг" или контрольными органами военных ведомств. В финан-

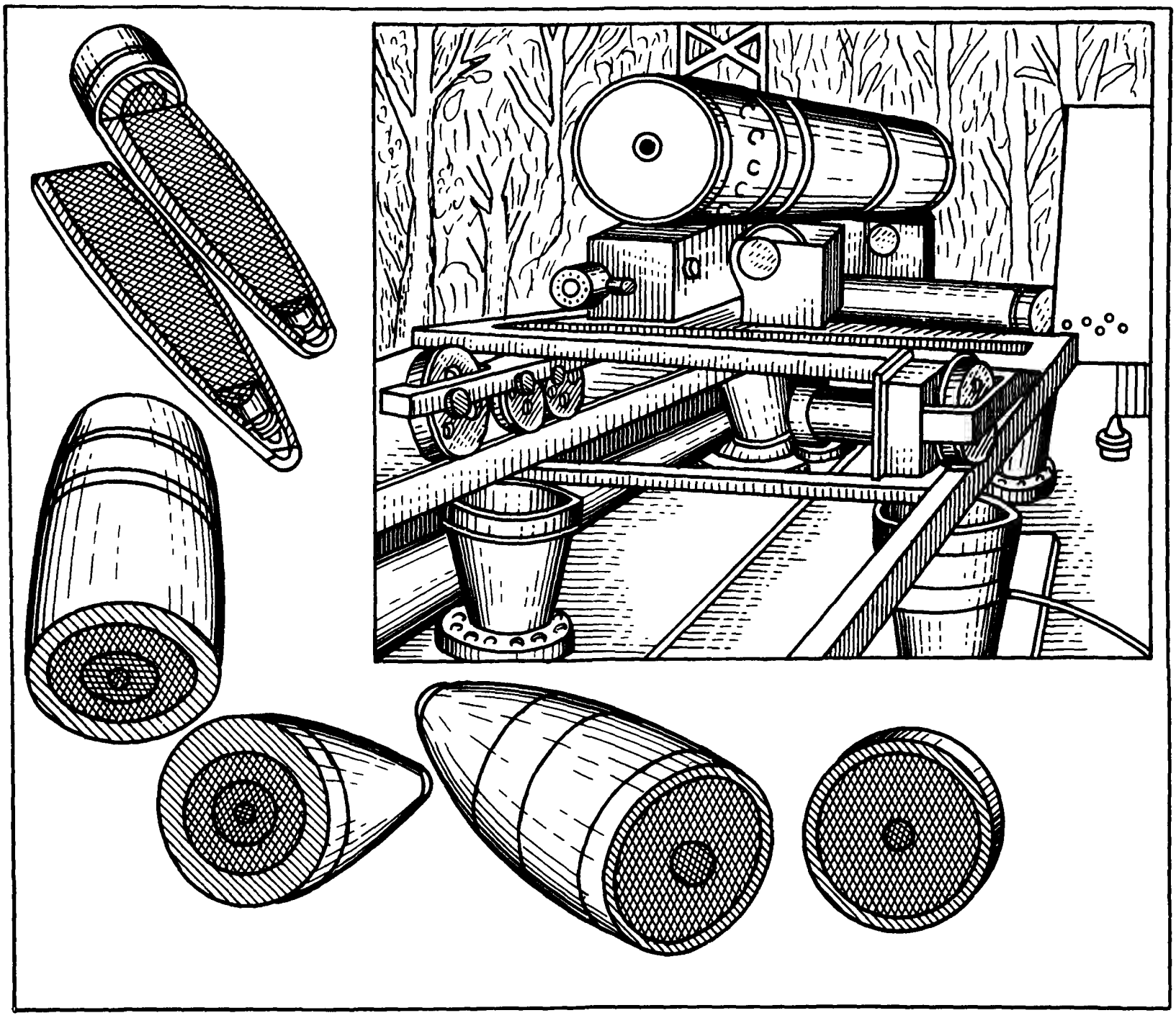

Рис. 3.14. Общий вид многоступенчатой системы утилизации боеприпасов

совом, экономическом и организационном отношении фирма подчинена компании "VEBEG".

При организации переработки компонентов боеприпасов специалисты исходят из показателей, представленных в табл. 3.5.

На предприятиях указанных фирм широко используется многоступенчатая система утилизации (рис. 3.14), включаю-

Таблица 3.5

Показатели переработки компонентов боеприпасов

Типы боеприпасов	Металлы, т	Взрывчатые вещества, т	Прочие компоненты, т	Общая масса, т
7,62 мм (патроны)	60 000	7 000	3 000	70 000
12,7 и 14,5 мм (патроны)	25 000	3 000	2 000	30 000
Снаряды, мины и другие боеприпасы	170 000	25 000	5 000	200 000
Всего	255 000	35 000	10 000	300 000

щая процессы расснаряжения боеприпасов, переработки их компонентов, а также уничтожения взрывных устройств и малокалиберных (менее 20 мм) патронов; схема процесса утилизации показана на рис. 3.15.

Шведская фирма "Шведиш орднанс", объединившая предприятия "Бофорс" и "FFV", с начала 1991 г. занимается проблемой расснаряжения и утилизации боеприпасов.

В конце 60-х годов на предприятиях фирмы "FFV" оборудованы мощности для расснаряжения боеприпасов. За 10 лет (1970—1980 гг.) ежегодно уничтожалось до 10 тыс. т боеприпасов; 25 чел. обслуживающего персонала фирмы в среднем в год уничтожают 3000—4000 т боеприпасов

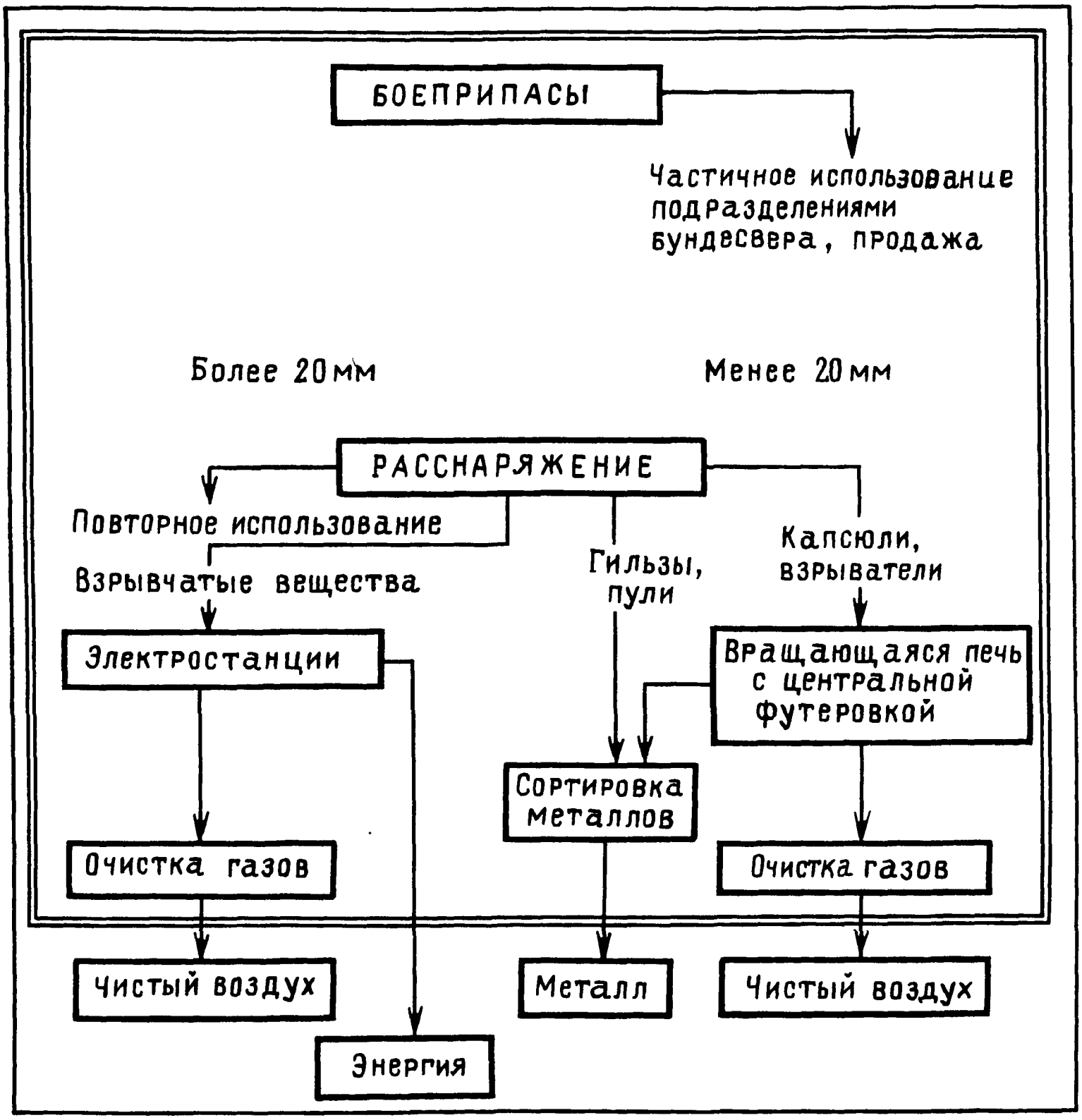

Рис. 3.15. Схема процесса многоступенчатой системы утилизации боеприпасов

вооруженных сил Швеции и приграничных с ней государств. Из этого количества 10—15 % составляют ВВ и пороховые заряды.

Уничтожению подлежат в первую очередь те боеприпасы, срок хранения которых истек, а надежность не соответствует стандартным требованиям. Фирма обеспечивает утилизацию и уничтожение боеприпасов калибров от 5,56 до 280 мм. К таким боеприпасам относятся артиллерийские снаряды, ракеты, торпеды, морские и наземные мины, боевые заряды и взрыватели. Масса ВВ всех этих видов боеприпасов не должна превышать 600 кг.

Наиболее сложной проблемой специалисты, ответственные за уничтожение боеприпасов, называют недостаточную загруженность мощностей предприятий, что существенно повышает стоимость работ. Они оцениваются, в зависимости от вида боеприпасов, от 1,4 пфеннига до 2200 немецких марок на один выстрел, что составляет в среднем от 5 до 55 немецких марок. Для снижения стоимости процессов утилизации специалистами фирмы создана многоцелевая машина уничтожения боеприпасов всех калибров. Самый дешевый способ — сжигание твердых топлив — рассматривается специалистами как вредный для окружающей среды и широко не применяется.

Важнейшее требование при утилизации боеприпасов — обеспечение безопасности. Расснаряжение небольших партий рекомендуется осуществлять вручную. Перед непосредственным уничтожением боеприпасов эксперты проводят целый ряд предварительных мероприятий, включая расснаряжение и утилизацию компонентов. Перед началом практических работ изучаются регламентирующие документы, относящиеся к данному типу или серии боеприпасов:

— особенности складирования и контроль за содержанием боеприпасов;

— законодательные требования по хранению и утилизации боеприпасов;

— наличие специальной технической документации.

Первичным процессом является ручная распаковка боеприпасов, удаление и уничтожение упаковки, вторым — расснаряжение, т.е. разделение боеприпаса по компонентам.

Простые работы (по соображениям экономии затрат)

осуществляются вручную или автоматически. На предприятиях фирмы в настоящее время разработаны и уже действуют машины расснаряжения третьего поколения. Фирма "Шведиш орднанс" успешно эксплуатирует машину для расснаряжения 20—30-миллиметровых боеприпасов, обслуживаемую двумя рабочими, которая в час может обрабатывать до 1000 шт. патронов с выполнением следующих работ:

— изъятие взрывателя;
— отделение пули от гильзы;
— ссыпание пороха из гильзы в специальный контейнер.

С помощью этой машины в течение 15 недель было расснаряжено 430 тыс. шт. 20-миллиметровых снарядов, а в общей сложности уничтожено свыше 2 млн. шт.

Другой агрегат, который также обслуживается двумя рабочими, в день может расснарядить до 400 шт. 40-миллиметровых снарядов с вывинчиванием взрывателя и отделением снаряда от гильзы, а также распределением их по специальным контейнерам. За четыре месяца с помощью этой машины было уничтожено 70 тыс. шт. 40-миллиметровых снарядов.

Следующим процессом считается расснаряжение компонентов боеприпасов и разделение их на составные части. Особенно тщательно отделяют один металл от другого с целью сортировки металлолома. Шведские методы утилизации показывают, что около 20 % затрат на уничтожение боеприпасов может быть покрыто только за счет реализации металлолома.

Однако в большом количестве в процессе расснаряжения поступают и неметаллические компоненты — кислоты, электронные модули.

Одним из способов, используемых фирмой "Шведиш орднанс" для уничтожения малокалиберных (до 20 мм) боеприпасов, является их сжигание в малых вращающихся печах. Боеприпасы с помощью форсуночной горелки нагреваются до 120—150 °С, при этой температуре порох сгорает с небольшим взрывом. Расплавленный металл представляет собой смесь, которая может быть реализована через продажу. В последующем печи предполагается оснастить воздушными фильтрами.

Особого внимания заслуживает утилизация метательных и боевых зарядов и компонентов ракетного топлива, а также ВВ типа ТНТ. Метательные заряды или ракетные двигатели сжигаются в основном на открытых специальных площадках под контролем обслуживающего персонала. Сжигание длится не более 1 мин и не вызывает обширного задымления. Учитывая то, что ТНТ довольно дорогое ВВ и может использоваться в мирных целях, фирма "Шведиш орднанс" вымывает его из головных частей снарядов с помощью горячего пара или горячей (95 °С) воды. Выплавленное ВВ оседает на дне контейнера, где происходят процессы фильтрования и сушки, после чего собирается в специальные контейнеры, в которых хранится в течение 10—20 лет. Оно может применяться для проведения подрывных работ в строительстве.

В ограниченном количестве специальные боеприпасы уничтожаются методом взрыва на полигонах шведской армии. Испытываются возможности уничтожения морских мин бывшей ННА, содержащих ВВ с добавками алюминия, способом подрыва.

Большой опыт фирмы "Шведиш орднанс" и "LIAB" имеют в переоснащении боеприпасов калибра свыше 35 мм в учебные боеприпасы. В общей сложности в течение последних 20 лет было переоснащено в учебные около 2 млн. шт. боеприпасов. Например, минометные мины полностью расснаряжаются, компоненты заменяются учебными. Таким же образом, с предварительным вымыванием ВВ, переоснащаются в учебные ручные гранаты. Учебные боеприпасы используются для подготовки личного состава вооруженных сил Швеции или экспортируются в другие страны. Предприятия, занимающиеся переоснащением боеприпасов, предлагают свои услуги другим странам, решающим подобные проблемы. При этом специалисты промышленности Швеции готовы развернуть производство по утилизации боеприпасов, используя освобождающиеся мощности в Восточной Германии и в других странах. Рекомендуемые способы уничтожения боеприпасов шведскими предприятиями приведены ниже.

Метательные ВВ	Сжигание
Взрывчатые вещества	"
Воспламенители метательных зарядов	Сжигание в печах
Осветительные боеприпасы	То же

Капсюли-воспламенители	Сжигание в печах
Взрыватели малого калибра	То же
Взрыватели большого калибра	Разрушение в специальных бункерах
Снаряды калибра свыше 20 мм	То же
Снаряды, снаряженные ТНТ	Расснаряжение, вымывание
Дымовые и осветительные боеприпасы	Взрывание
Снаряды со смешанными ВВ	Взрывание, расснаряжение, сжигание
Ракеты	Расснаряжение, сжигание
Наземные мины	Вымывание ВВ
Малокалиберные боеприпасы	Сжигание
Ручные гранаты	Расснаряжение, сжигание
Ручные дымовые гранаты	Взрывание

Для сокращения расходов на транспортировку боеприпасов и строительство защитных сооружений специалисты Швеции рассматривают возможность оборудования центрального предприятия. Предусматривается дополнить его мощности мобильными системами утилизации боеприпасов, размещенными в контейнерах на базе грузовых автомобилей. Эти мобильные системы могут производить работы в пунктах временного складирования боеприпасов, допускают процессы вымывания ВВ типа ТНТ. Безопасность работ обеспечивается защитными сооружениями из стали и емкостей с песком. Опыт в оборудовании сооружений по утилизации боеприпасов фирмы "Шведиш орднанс" базируется и на изучении методов работы фирмы "Хематур" концерна "Нобель", которая с 60-х годов проектирует и строит предприятия по изготовлению боеприпасов и ВВ во всех странах мира. Кроме того, в концерне "Цельсиус" при участии государственных компаний осуществляется кооперация фирм с предприятиями, которые занимаются методами очистки выбросов при процессах утилизации боеприпасов.

В процессе расснаряжения крупнокалиберных артиллерийских снарядов и мин взрывчатые вещества типа ТНТ отделяют от корпусов в основном способами вымывания или выплавления.

Фирма "Tracor Hydronautics" (США) начала производство установок CAVIJET для удаления ВВ при расснаряжении 155-миллиметровых снарядов и мин с помощью кавитационной водяной струи высокого давления. Снаряд закрепляется во вращающемся патроне на наклонной станине. Струя воды под высоким давлением за 1,4 мин вымывает из снаряда все содержащееся ВВ.

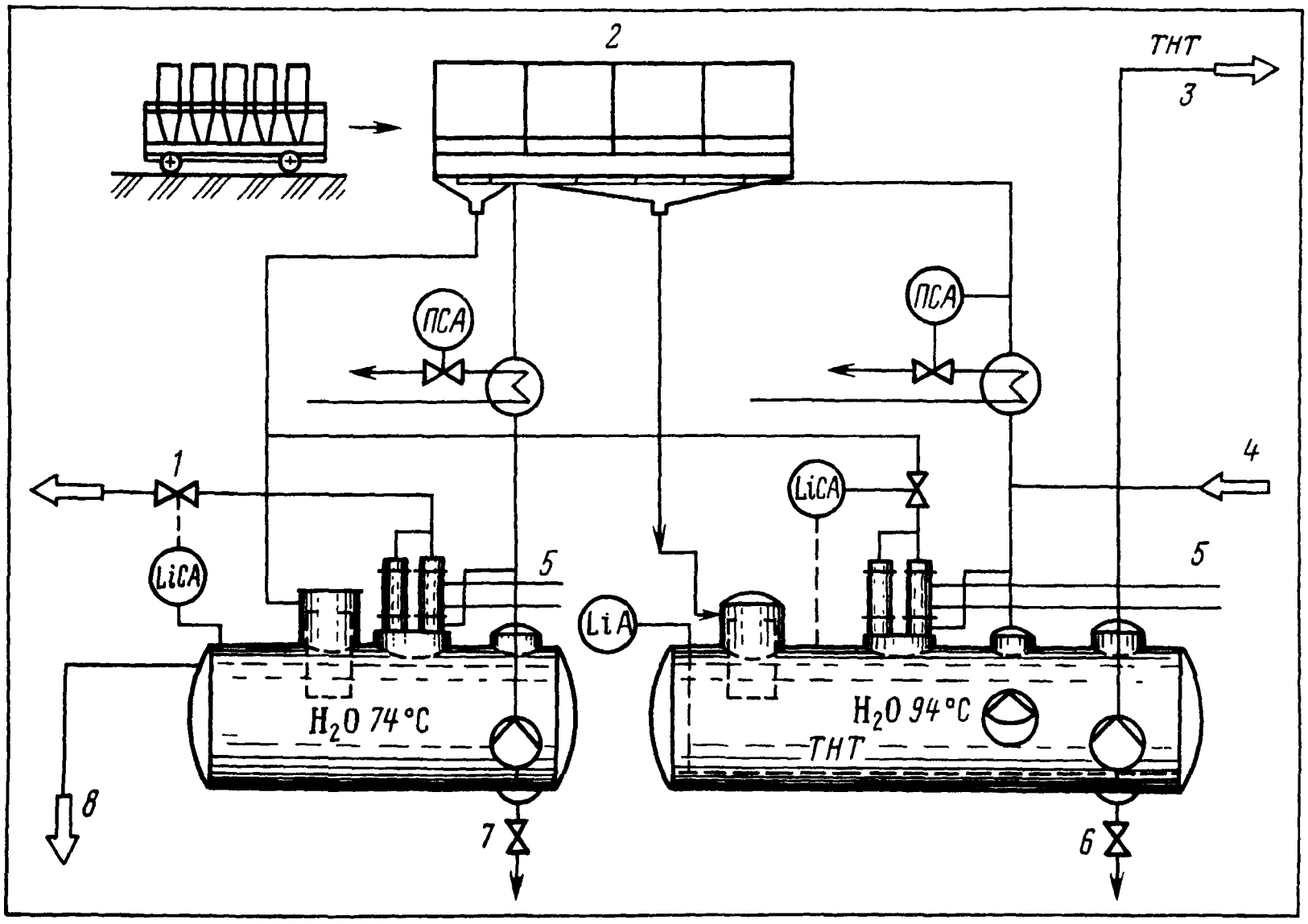

Рис. 3.16. Схема процесса выплавления ВВ из артиллерийских боеприпасов: *1* — слив воды; *2* — камера выплавления; *3* — слив ТНТ; *4* — поступление воды; *5* — охлажденная вода; *6* — выплавление ВВ; *7* — предварительное выплавление (вымывание примесей); *8* — слив парафина (воска)

Выплавление ВВ из боеприпасов производится с помощью горячей воды или насыщенного пара. Процесс делится на две ступени: на первой — при температуре воды 75 °С вымывается воск, бумага, смазки; на второй — при температуре воды 95 °С расплавляется взрывчатое вещество. В зависимости от производительности установки, за сутки может быть переработано до 8 т ВВ из снарядов. На рис. 3.16 показана схема процесса выплавления ВВ из артиллерийских боеприпасов.

Этот способ, по мнению специалистов, может быть модернизирован за счет внедрения на первой ступени обдува боеприпасов горячим воздухом до полного удаления примесей, а также закрытого цикла выплавления ВВ на второй ступени.

Следующим этапом утилизации ВВ является их переработка для промышленного применения и уничтожение компонентов взрывчатых веществ, непригодных для даль-

нейшего использования. Специалисты рассматривают несколько вариантов утилизации ВВ:

- регенерация ВВ;
- переработка ВВ;
- уничтожение ВВ.

Регенерация ВВ производится методом фильтрования с последующей сушкой и гранулированием. При необходимости осуществляется обработка адсорбентами для удаления вредных примесей и инородных частиц. Сушка отфильтрованного ВВ производится в вакууме. Полученное чистое ВВ используется в военных и гражданских областях, для снаряжения учебных боеприпасов. На рис. 3.17 показана принципиальная схема установки регенерации взрывчатых веществ после утилизации боеприпасов.

Взрывчатые вещества, переработка которых нецелесообразна или опасна, а также отходы утилизации ВВ подвергаются уничтожению способом подрыва на специально оборудованных площадках или сжигаются в печах энергоустановок. Так как удельная теплота сгорания их очень низка, специалисты рекомендуют их сжигание совместно с мазутом или другими видами топлива.

Защита окружающей среды при организации процессов утилизации боеприпасов регламентируется законами государства, инструкциями и предписаниями министерств и ведомств. Документы определяют требования к производителям промышленных товаров и продовольствия, ведомствам, ответственным за утилизацию военного имущества, уничтожение и переработку промышленных отходов, а также допустимые нормы вредных выбросов, приведенные ниже.

Закон о переработке отходов 1986 г. предусматривает:

- недопущение вредных отходов;
- повторное использование;
- утилизацию

Закон о переработке технических отходов 1990 г. предписывает их использование (материальное или в виде энергии), если это:

- технически осуществимо;
- достигается оптимальная стоимость;
- имеется рынок сбыта материалов или энергии

Закон по защите от вредных выбросов рассматривает вопросы:

- защиты от угрозы нанесения вреда окружающей среде;
- защиты от сверхнормативных выбросов

17 ст. этого закона определяет следующие нормы вредных выбросов различных компонентов:

- диоксид серы — менее 50 мг/м^3 (24 ч);
- оксид азота — менее 20 мг/м^3 (24 ч);
- ртуть — менее 0,1 мг/м^3

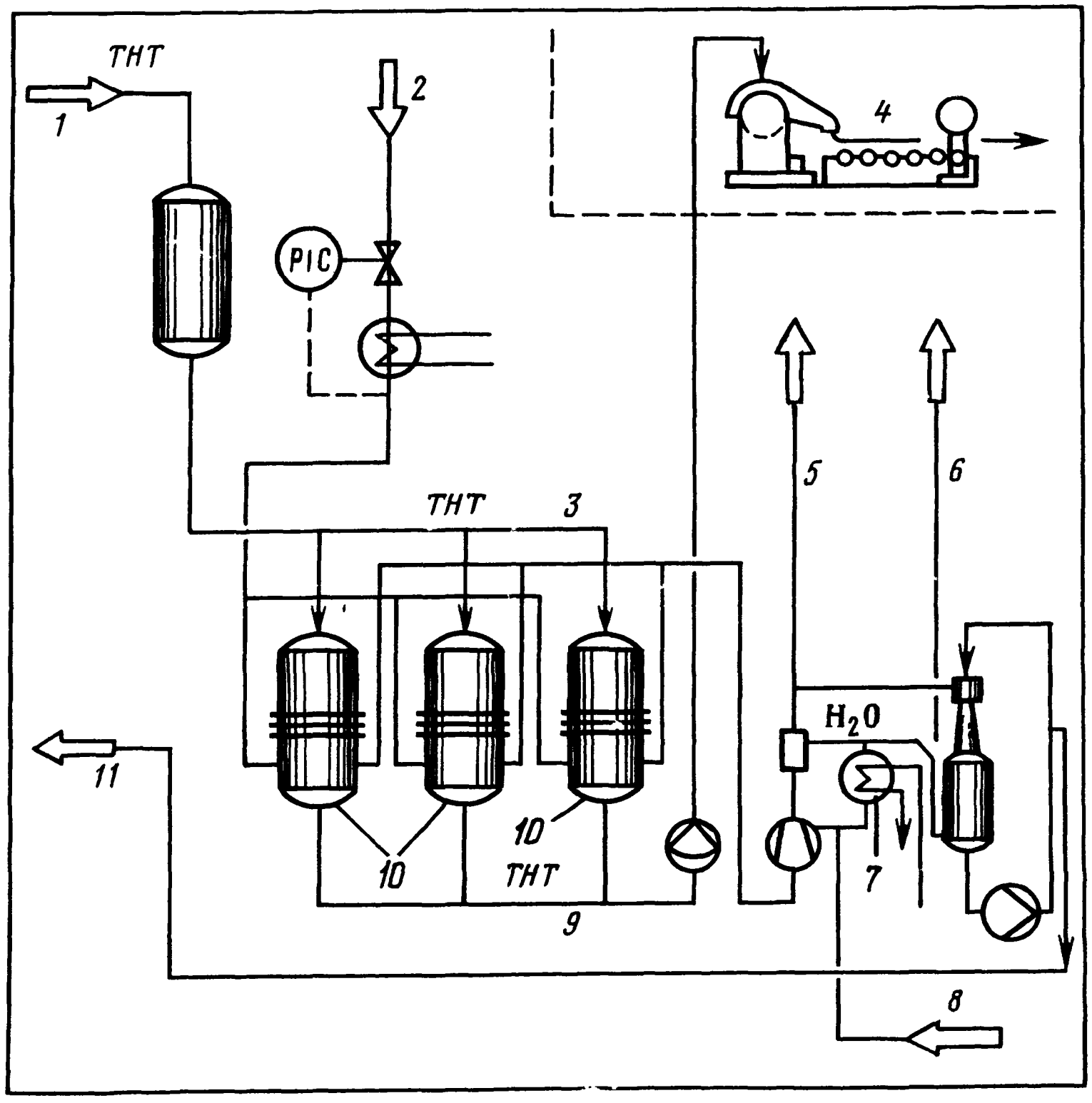

Рис. 3.17. Принципиальная схема установки регенерации ВВ:
1 — загрузка ВВ; *2* — поступление воздуха; *3* и *9* — сушки ТНТ; *4* — гранулирование; *5* — вытяжка воздуха из агрегата; *6* — подача воздуха в агрегат гранулирования; *7* — охлаждение воды; *8* — поступление чистой воды; *10* — фильтры; *11* — слив воды после процесса

Каталог специальных отходов. Статья 59102 "Взрывчатые вещества и отходы боеприпасов" предлагает специальный перечень отходов

(0,5 ч);
свинец, сурьма – менее 1,0 мг/м^3 (0,5 ч);
диоксин – менее 0,0000001 мг/м^3

В Германии в связи с возросшим количеством задач по санации территории восточных земель, демонтажу укреплений и разминированию бывшей границы ГДР с ФРГ используются организации защиты окружающей среды "DSUE" (Deutsche Stiftung fur Umwelt–und Entwicklung e. v.) и "AVA" (Altanlagen und Altlasten GmbH). Эти фирмы для организации работ привлекают и широко используют личный состав пограничной охраны бывшей ГДР, технику и специалистов бундесвера.

Для санации территории бывших гарнизонов, полигонов и пунктов утилизации боеприпасов и ВВ применяются различные способы как физической, химической, так и биологической обработки

В лаборатории OAK Ridge National Lab. (шт. Теннесси, США) проведены испытания осадков, полученных после обработки отходов, загрязненных взрывчатыми веществами, преимущественно тротилом, гексогеном и октогеном методом компостирования. Компостирование проводилось в условиях повышенных влажности и температуры на заводе по производству боеприпасов в штате Луизиана. Осадки, полученные после обезвреживания компостированием, выщелачивались или экстрагировались органическим растворителем. После этого проводились испытания на токсичность с использованием микроорганизмов Ceriodaphnia dubia личинок Fathead M1 now larvae, которые давали положительные результаты.

Сообщается о возможности использования биологического метода для обезвреживания почвы, загрязненной ВВ. В окрестностях города, где фирма "Hercules IUC" (США) производила взрывчатые вещества, до 1147 м^3 почвы загрязнено ВВ, содержание загрязнения которой составляет (части на миллион): тринитротолуола 84 300, динитротолуола 66 000, динитробензола 22. Для обезвреживания ВВ будут использоваться пять видов бактерий, встречающихся в этой местности. Исследования по биологическому обезвреживанию ВВ, проведенные лабораторией Biota and Pace Laboratories, показали,

что биологический метод обезвреживания позволяет через 21 день уменьшить содержание указанных смесей до 33 %.

Сотрудники химического отделения Лос-Аламосской лаборатории США проводят бактериологические исследования по обезвреживанию нитроглицерина и тротила. Определенный тип бактерий разлагает взрывчатые вещества за достаточно короткий срок. Исследования, проведенные специалистами, подтвердили эффективность биологического метода разложения 30 органических веществ, являющихся компонентами ВВ.

По мнению специалистов, высокие технологии играют все большую роль в процессах утилизации различных химических веществ. К такому выводу пришли эксперты американской фирмы "Business Communikations Co" (BCC), "Norwalk" (шт. Коннектикут). В 1992 г. на разработку новых методов утилизации химических веществ наряду с санированием и сжиганием выделено 770 млн. дол., стоимость которых до 1997 г. возрастает до 1 млрд. дол. Многообещающий метод сортировки отходов производства в 1992 г. обошелся в 141 млн. дол., а к 1997 г. он может возрасти до 194 млн. дол.

4. НОМЕНКЛАТУРА ВЗРЫВЧАТЫХ МАТЕРИАЛОВ, ПОЛУЧАЕМЫХ ПРИ ПРОМЫШЛЕННОЙ ПЕРЕРАБОТКЕ ЭЛЕМЕНТОВ ВЗРЫВЧАТЫХ МАТЕРИАЛОВ ИЗ БОЕПРИПАСОВ

4.1. ОБЩАЯ ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ И НОМЕНКЛАТУРА ПОЛУЧАЕМЫХ ВЗРЫВЧАТЫХ МАТЕРИАЛОВ

Разработка продукции на основе ВВ и порохов утилизируемых БП для промышленных взрывных работ осуществлялась ВНИИМ с учетом следующих предпосылок:

— основной потребитель разрабатываемых ВВ — горнодобывающая промышленность, геологоразведочная и другие отрасли;

— промышленные ВВ на основе извлекаемых из БП ВВ порохов (ВМ) не должны уступать эффективности, технологической и экологической безопасности промышленных ВВ массового применения;

— технологические процессы изготовления продукции из ВМ утилизируемых БП должны быть по возможности адаптированы к существующим производствам снаряжения и изготовления штатных промышленных ВВ;

— изготовление разрабатываемых ВВ может осуществляться не только на заводах, но и непосредственно на базах (арсеналах) хранения БП;

— разрабатываемые ВВ должны передаваться потребителю для производства взрывных работ по процедуре, установленной Госгортехнадзором России.

Создаваемые рецептуры для горнодобывающей промышленности должны быть резко сокращены по количеству номенклатур, поскольку каждая новая номенклатура требует адаптации к ней потребителей взрывных работ.

На основе такого подхода и анализа рецептурно-технологических особенностей все извлекаемые из БП ВМ были разделены, как указано выше (см. раздел 3.1), на четыре основные группы (табл. 4.1).

Здесь же приведены продукция, разработанная для производства взрывных работ из утилизируемых (извлеченных из БП) ВМ каждой группы, а также нормативно-техническая документация (НТД) на разработанную продукцию и способ ее изготовления.

Таблица 4.1

Основные группы извлекаемых ВМ

Группа	Наименование утилизируемого ВМ в группе	Продукция, разработанная из утилизируемых ВМ	НТД на разработанную продукцию. Способ изготовления
1	Тротил и его смеси типа ТА, ТД	1.1. ТРОТИЛ-У. Предназначен для заряжания обводненных полостей и скважин на земной поверхности. Выпускается в виде кусков нерегламентированной формы и полидисперсного состава с максимальным размером куска 45 мм	ТУ 7511809-80–93. Механическое дробление утилизируемых зарядов
		1.2. ГРАММОНИТЫ 30/70, 40/60. Предназначены для производства взрывных работ на земной поверхности с ручным заряжанием сухих и обводненных скважин. Изготавливаются из тротила-У или тротила любой марки в виде гранул полусферической формы размером до 8 мм. Содержат в составе 30 или 40 % аммиачной селитры	ТУ 7511819-91–94. Сухая грануляция
		1.3. ДЕТОНАТОРЫ ПРОМЕЖУТОЧНЫЕ МОДУЛЬНЫЕ ДПМ-250, ДПМ-350. Предназначены к применению на земной поверхности для инициирования скважинных зарядов ВВ, находящихся в сухих и обводненных средах, а также ГЛВВ. Выпускаются в пластиковом корпусе, наполненном тротилом-У	ТУ 7511809-76–92. Механическая обработка узлов возбуждения детонации противотанковых мин
		1.4. ШАШКИ-ДЕТОНАТОРЫ Т-400Г. Предназначены к применению в качестве промежуточных детонаторов для	ОСТ 84-411–80. Прессование

Продолжение табл. 4.1

Группа	Наименование утилизируемого ВМ в группе	Продукция, разработанная из утилизируемых ВМ	НТД на разработанную продукцию. Способ изготовления
		инициирования скважинных и других зарядов малочувствительных промышленных ВВ на земной поверхности. Изготавливаются из смеси, состоящей из утилизированного тротила марки УД по ТУ 7511809-80–93 и тротила марки А по ГОСТ 4117–78 или тротила по ГОСТ 7059–73	
		1.5. ИСТОЧНИКИ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЛН ИС-100. Предназначены для возбуждения энергией взрыва упругих колебаний в земной коре при производстве сейсмических работ с исполь-зованием шпуров и скважин любой степени обводненности. Выпускаются в полиэтиленовом корпусе, наполненном тротилом-У	ТУ 7511809-78–92. Прессование. Сборка
		1.6. АЛЮМОТОЛ. Предназначен для взрывных работ при ручном и механизированном заряжании на земной поверхности в забоях любой степени обводненности, в том числе и в забоях с проточной водой. Изготавливается из утилизируемого состава ТА. Выпускается в виде гранул сферической и полусферической формы размером до 8 мм	ГОСТ 12696–77. Сухая грануляция
2	Литьевые смеси, содержащие гексоген: МС, ТГ, ТГА-16, ТГАГ-5, ТГАФ-5М	2.1. АЛЬГЕТОЛЫ. Предназначены для производства взрывных работ на земной поверхности с ручным заряжанием сухих и обводненных скважин. Это наиболее мощные из существующих промышленных ВВ. Изготавливают из утилизируемых составов: МС, ТГА-16, ТГАГ-5 или ТГАФ-5М в виде гранул полусферической формы размером до 8 мм. Разработаны 3 марки альгетолов: альгетол-15, альгетол-25 и альгетол-35. Содержат в составе 15, 25 или 35 % гексогена. Водостойкость практически не ограниченная	ТУ 7511819-89–94. Сухая грануляция
		2.2. ИСТОЧНИКИ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЛН ИС-500ТГА, ИС-1000ТГА. Предназначены для возбуждения энергией взрыва упругих колебаний в земной коре при производстве сейсмических работ с использованием шпуров и скважин любой степени обводненности. Выпускаются в полиэтиленовом корпусе, наполненном утилизируемым составом ТГА	ТУ 7511809-78–92. Заливка. Сборка

Продолжение табл. 4.1

Группа	Наименование утилизируемого ВМ в группе	Продукция, разработанная из утилизируемых ВМ	НТД на разработанную продукцию. Способ изготовления
3	Сухие или влажные смеси, содержащие гексоген: А-IX-I, А-IX-2, А-IX-20	3.1. АЛЬГЕТОЛЫ 3.2. ЭМУЛЬСИОННЫЕ ПАТРОНИРОВАННЫЕ ВВ диаметром 36, 60, 90,120 мм. Водостойки. Предназначены для заряжания шпуров и скважин при производстве подземных взрывных работ и взрывных работ на земной поверхности	ТУ 7511819-89–94. Сухая грануляция. НТД разрабатывается
		3.3. ИСТОЧНИКИ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЛН ИС-100. Предназначены для возбуждения энергией взрыва упругих колебаний в земной коре при производстве сейсмических работ с использованием шпуров и скважин любой степени обводненности. Выпускаются в полиэтиленовом корпусе, наполненном составом А-IX-I или А-IX-2	ТУ 7511809-78–92. Прессование. Сборка
4	Пороха и ТРТ	4.1. ЭМУЛЬСЕН-П. Представляет собой обратную эмульсию водного раствора аммиачной и натриевой селитры в нефтепродукте, сенсибилизированную пироксилиновым порохом	НТД разрабатывается
		4.2. ЗАРЯДЫ ЭМУЛЬСИОННО-ПОРОХОВЫЕ (ЗЭП). Предназначены к применению на земной поверхности для ручного заряжания скважин в технологии строительства, отбойки горных пород с помощью энергии взрыва, взрывов на выброс. Изготавливаются из эмульсена-П. Выпускаются в виде зарядов диаметром 45, 60, 90 и 120 мм. Водостойки	ТУ 7511819-90–94. Патронирование
		4.3. ГЕЛЬПОРЫ – водосодержащие ВВ пастообразной консистенции на основе водного раствора окислителей, сенсибилизированного порохом или крошкой ТРТ. Предназначены для применения в патронированном виде на открытых горнодобывающих и сейсморазведочных работах в сухих, обводненных и заполненных буровым раствором скважинах. Выпускаются в виде патронов диаметром 90 и 120 мм. Водостойки	ТУ 84-7509009-66–93. Патронирование
		4.4. ПОРОТОЛ. Предназначен для снаряжения зарядов сейсмических, зарядов дробящих плоских комбинированных (ЗДПК) и других изделий для специальных взрывных работ. Представляет собой композицию из зерен утилизируемого пироксилинового пороха и тротила. Водостоек	ТУ 7511809-83–93. Заливка

Продолжение табл. 4.1

Группа	Наименование утилизируемого ВМ в группе	Продукция, разработанная из утилизируемых ВМ	НТД на разработанную продукцию. Способ изготовления
		4.5. ЗАРЯД СЕЙСМИЧЕСКИЙ ЗС-70ИЗ. Предназначен для возбуждения упругих колебаний в породах земной коры при сейсморазведочных работах с использованием энергии взрыва на земной поверхности в скважинах, заполненных водой или буровым раствором. Выпускают в полиэтиленовом корпусе, наполненном поротолом. Дешевле аналогичных тротиловых зарядов на 30–35 %	ТУ 4112-080–91. Заливка
		4.6. ЗАРЯДЫ ДРОБЯЩИЕ ПЛОСКИЕ КОМБИНИРОВАННЫЕ (ЗДПК). Предназначены для вторичного дробления горной породы на земной поверхности. Представляют собой литую шашку (поротол), торец которой покрыт стальной облицовкой. Эффективнее аналогичных тротиловых зарядов в 1,5 раза	ЗДПК-000ТУ. Заливка
		4.7. ЗАРЯДЫ КОМБИНИРОВАННЫЕ МОДУЛЬНЫЕ (ЗКМ). Предназначены для применения на земной поверхности в технологии строительства и очистки мелиоративных каналов, отбойки горных пород и постановки бортов карьеров на предельный контур. Выпускают в виде моноблока из шашки баллиститного пороха и тротила, заключенного в оболочку	ТУ 7511809-83–93. Заливка. Сборка
		4.8. ЗЕРНИТЫ. Предназначены при взрывных работах на земной поверхности для заряжания скважин любой степени обводненности. Выпускаются в виде льющейся смеси на основе утилизируемого зерненого пироксилинового пороха, воды или раствора окислителя	ТУ 84401-181–93.
		4.9. ГРАНИПОР ППФ. Предназначен для производства взрывных работ на земной поверхности при отбойке сухих и обводненных горных пород. Представляет собой зерненый пироксилиновый порох, флегматизированный нефтепродуктом. Водостоек	ТУ 0751819-96–95. Смещение
		4.10. КОМБИНИРОВАННЫЕ ЗАРЯДЫ СКВАЖИННЫЕ. Предназначены для ведения взрывных работ на земной поверхности. Изготавливаются на заряжаемом блоке загрузкой в скважину чередующихся слоев аммиачной селитры и зерненого пироксилинового пороха	ТУ 0751819-95–94

Таблица 4.2

Характеристики промышленных ВВ, разработанных из утилизируемых ВМ

Взрывчатое вещество	Теплота взрыва, кДж/кг	Температура вспышки, °С	Чувствительность к удару (ГОСТ 4545) в приборе № 1, %	Чувствительность к трению (ОСТ 84-895), МПа	Плотность, кг/м^3	Скорость детонации, км/с	Кислородный баланс, %
Тротил-У	3900	295–305	0–20	> 500	750–800 (насып)	5,0–5,5 (водонапол.)	–7,4
Граммонит 30/70	3768	315–320	12–24	216–284	800–900 (насып)	3,8–4,5	–45,9
Граммонит 40/60	3747	320–325	12–24	216–284	800–900 (насып)	3,7–4,4	–36,5
Альгетол-15	4735	210	8	294	900–1000 (насып)	4,6	–80,8
Альгетол-25	4860	210	8	294	900–1000 (насып)	4,8	–78,8
Альгетол-35	4986	210	16	294	900–1000 (насып)	5	–75,9
Эмульсен-П	3200	190	0	> 300	1500	5,2–5,6	–15,6
Гельпор-1	3771	170–185	0	220–250	1300–1400	5,0–5,2	–0,8–14,0
Гельпор-2	4190	175–185	0	220–250	1300–1400	4,5–5,3	+ 3,0–8,0
Гельпор-3	3561	170–190	0	157–220	1300–1400	5,1–5,3	+ 1,9–6,7
Поротол	3875	170–180	52	108,9	1500	6,5	–59,4
Гранипор ППФ	3436	180–190	8–12	200–250	800–900 (насып)	5,5–6,3 (водонапол.)	–(42–45)

Некоторые характеристики разработанных ВВ представлены в табл. 4.2.

4.2. ГРАНИПОРЫ

Гранипор – промышленное ВВ 1 класса, изготовленное на основе устаревших марок баллиститных порохов, выпускаемое в виде частиц размером от 5 до 20 мм. Предназначен для ведения взрывных работ на открытых разработках в обводненных скважинах с применением ручного заряжания. Он может применяться во всех климатических районах СНГ

Таблица 4.3

Рецептура гранипоров

Компоненты	Норма, %			
	Гранипор Б1	Гранипор Б2	Гранипор Б3	Гранипор ВС
Нитроцеллюлоза	55–60	55–63	57–60	28–45
Пластификаторы	30–40	30–40	39–41	13–30
Аммиачная селитра	–	–	–	20–50
Добавки	2–6	3–5	1,3	1,5–2,5
Влага (не более)	3	3	2	4

по породам с коэффициентом крепости до 20 по шкале М.М. Протодьяконова. Гранипор выпускается в непатронированном виде, упаковывается в мешки массой не более 40 кг.

Рецептурный состав гранипоров приведен в табл. 4.3, их свойства в табл. 4.4.

Рассыпчатость гранипора гарантируется в течение установленного срока хранения.

При поступлении гранипора на склады ВМ визуальным осмотром производят проверку внешнего вида, целостности упаковки и состояния маркировки. Кроме того, определяют сыпучесть. Если ВВ поступает непосредственно с предприятий-изготовителей в исправной упаковке и при наличии сопроводительной документации (паспортов), проверку можно не производить.

Для определения сыпучести содержимое любых трех мешков от каждой партии просеивают в течение 2 мин через сетку по ГОСТ 5336–80. Если продукт не слежался, он должен полностью проходить через сетку. Комки продук-та, оставшиеся на сетке, должны легко раздавливаться от усилия руки.

Для всех типов гранипоров в качестве промежуточного детонатора используются тротиловые шашки Т-400Г.

Периодические испытания гранипоров проводятся в конце гарантийного срока хранения не реже чем через каждые три месяца после его истечения.

Доставка ВВ должна осуществляться специальными транспортными средствами или вручную, в заводской упаковке, а также в предназначенных для этой цели сумках и кассетах.

Механизированные операции на складах и на месте взрывных работ с гранипором должны производиться только

Таблица 4.4

Физико-химические и взрывчатые свойства гранипоров

Характеристики	Гранипоры (марка)			
	Б1	Б2	Б3	Б4
Внешний вид	Цилиндрические гранулы от слабожелтого до черного цвета размером 5 – 15 мм. Отдельные сростки более 20 мм	То же, но гранулы размером 5 – 10 мм (до 20 мм) без видимых на глаз механических примесей	Пластинчатые гранулы от слабо-желтого до черного цвета размером от 1 × 1 до 15 × 15 мм	Цилиндрические гранулы от слабо-желтого до коричневого цвета размером от 5 до 20 мм
Теплота взрыва, ккал/кг	800 – 900	800 – 900	850 – 950	800 – 900
Объем газов, л/кг	750 – 820	700 – 800	800 – 880	900 – 1000
Кислородный баланс, %	– (50 – 60)	–(50 – 55)	– (50 – 70)	– (36 – 24)
Тротиловый эквивалент	0,75 – 0,80	0,75 – 0,78	0,8 – 0,9	0,75 – 0,8
Скорость детонации, км/с:				
в сухих скважинах	3,5 – 4,0	3,5 – 4,0	4,0 – 4,5	3,5 – 4,0
в обводненных скважинах	4,5 – 5,0	4,5 – 5,0	5,0 – 5,5	4,5 – 5,0
Критический диаметр, мм:				
открытого заряда без воды	50 – 170	50 – 170	50 – 170	50 – 170
водонаполненного заряда в стальной оболочке	100 – 120	100 – 120	80 – 100	100 – 120
Работоспособность, $см^3$	270 – 300	270 – 300	300 – 320	300 – 350
Чувствительность к удару, нижний предел, мм	100 – 125	100 – 125	80 – 100	100 – 125
Чувствительность к трению, $кгс/см^2$	1200 – 1500	1200 – 1500	1000 – 1200	1600 – 1800
Плотность (насыпная), $г/см^3$	0,75 – 0,85	0,75 – 0,85	0,70 – 0,80	0,85 – 0,90
Плотность гранул, $г/см^3$	1,45 – 1,60	1,45 – 1,60	1,5 – 1,65	1,45 – 1,6
Температура вспышки при постоянной температуре с задержкой 1 мин, °С	170 – 180	170 – 180	170 – 180	170 – 180
Скорость детонации в водонаполненном состоянии после 6 сут выдержки в воде, км/с	4,5 – 5,0	4,5 – 5,0	5,0 – 5,2	4,5 –5,0

механизмами, допущенными Госгортехнадзором РФ. При механизированной засыпке ВВ в скважину оборудование должно иметь заземление, зарядные шланги должны быть проводящими или полупроводящими (удельное объемное сопротивление 10^6 Ом · см).

В скважинах с непроточной водой заряды гранипора могут находиться до 6 сут. При работе с гранипором в воздух может выделяться пыль, вредная для здоровья работающих. Предельно допустимая концентрация пыли в воздухе (ПДК) составляет 0,1 мг/м^3, а минимальная энергия воспламенения — 1 Дж.

При работе с гранипором во избежание попадания пыли на кожные покровы, слизистые оболочки, в органы дыхания и пищеварения следует применять индивидуальные защитные средства.

4.3. ДИБАЗИТ

Дибазит — водоустойчивое промышленное взрывчатое вещество 1 класса, изготовляемое на основе баллиститных порохов. Оно предназначено для производства взрывных работ на открытых горных разработках при ручном заряжании обводненных скважин при взрывании горных пород с коэффициентом крепости до 20 в любых климатических условиях.

Внешний вид дибазита — гранулы или таблетки произвольных формы и цвета.

Температурный диапазон применения — от −50 до +50 °С.

Рекомендуемый диаметр обводненных скважин — не менее 105 мм.

Время нахождения дибазита в обводненных скважинах, в местах с проточной водой определяется допустимым временем нахождения в воде средств инициирования.

Основные взрывчатые и физико-механические характеристики дибазита приведены ниже.

Расчетные

Кислородный баланс, %	−30, −45
Теплота взрыва, ккал/кг	800 — 900
Объем газов, л/кг	850 — 900
Объем ядовитых газов в пересчете на CO, л/кг:	
в безводном состоянии	250 — 350
в воде	15 — 20

Экспериментальные

Температура вспышки, °С	170
Скорость детонации, км/с:	
открытого заряда в безводном состоянии	2,8 – 3
в водонаполненном состоянии	5,8 – 6
Чувствительность к первичным средствам инициирования (ЭД-8, ДШ) в сухом виде	Не чувствителен
Критический диаметр, мм:	
открытого заряда без воды	100 – 120
водонаполненного заряда, не более	25
Работоспособность (по ГОСТ 4546), $см^3$	280 – 300
Чувствительность к удару:	
частость взрывов (по ГОСТ 4545), %	6 – 12
высота сброса груза массой 10 кг (по ОСТ В–892), мм	175
Чувствительность к трению (по ОСТ В 84–894), МПа ($кгс/см^2$), более	300 (3000)
Склонность перехода горения в детонацию	Не обладает
Водоустойчивость, сут, не менее	30
Плотность (насыпная), $г/см^3$	0,75 – 0,85
Плотность "таблетки", $г/см^3$	1,58 – 1,6
Плотность в водонаполненном состоянии, $г/см^3$	1,25 – 1,35
Температура начала интенсивного разложения, °С	140 – 145

При необходимости потребитель имеет право проводить приемку (входной контроль) качества дибазита по следующим показателям:

– внешний вид упаковки и состояние маркировки;

– соответствие количества ВВ сопроводительным документам;

– полнота детонации.

Гарантийный срок хранения дибазита: в сдвоенных бумажных многослойных битумированных мешках – 6 мес; в полиэтиленовых мешках-вкладышах, вложенных в сдвоенные бумажные многослойные битумированные мешки, или в сдвоенных бумажных мешках с ламинированным полиэтиленом слоем – 24 мес.

Дибазит упаковывается, кроме транспортируемого в районы Крайнего Севера, в полиэтиленовый мешок-вкладыш, вложенный в пяти-, шестислойные бумажные битумированные или в сдвоенные пятислойные ламинированные полиэтиленом бумажные мешки. По согласованию с потребителем дибазит может упаковываться в бумажный битумированный мешок, вложенный в мешок с ламинированным полиэтиленом слоем, или в два бумажных битумированных мешка с влагоизолированным донным швом наружного мешка, или без влагоизоляции.

При транспортировании в районы Крайнего Севера и труднодоступные районы дибазит упаковывается в полиэти-

леновый мешок-вкладыш, вложенный сначала в бумажный битумированный или ламинированный полиэтиленом мешок, а затем в древесно-волокнистый ящик или ящичный поддон, или в контейнеры.

Номинальная масса дибазита в мешке или ящике не более 40 кг, в ящичном поддоне не более 600 кг.

Наружные мешки (при завязывании горловины мешка в "чуб"), ящики (в том числе помещаемые в контейнеры или ящичные поддоны), контейнеры, ящичные поддоны пломбируются.

При машинной зашивке горловина мешка не пломбируется. Древесно-волокнистые и дощатые ящики могут не пломбироваться, если они обвязаны упаковочной лентой (или проволокой) с применением обвязочной машины или в случае, если концы упаковочной ленты соединены внахлест.

Каждая партия дибазита сопровождается паспортом предприятия-изготовителя и одним экземпляром "Краткого руководства по применению дибазита".

По степени опасности при хранении, транспортировании и применении дибазиты (по ГОСТ 19433—88) относятся к классу 1, подклассу 1.1 и группе совместимости D. Код экстренных мер — 243, условный номер — 125, номер аварийной карточки при транспортировании по железной дороге — 717, средств пожаротушения для автомобильного транспорта — 1. На каждом тарном месте прикрепляется ярлык или несмываемой краской с помощью трафарета наносится маркировка, которая включает в себя:

— наименование или товарный знак предприятия-изготовителя;

— наименование материала — дибазит;

— индекс технических условий — ТУ 3-7509103.325—93;

— номер партии;

— месяц и год изготовления;

— номер тарного места;

— номинальную массу нетто (в кг);

— личное клеймо упаковщика или контролера (фамилия сменного мастера);

— гарантийный срок хранения (в месяцах);

— группу назначения дибазита "Только для открытых работ".

На каждое тарное место наносится:

— манипуляционный знак "Беречь от влаги", предупредительная надпись "Не бросать!" и знак опасности груза в соответствии с ГОСТ 19433—88 с указанием в нем класса, подкласса и группы совместимости;

— в равностороннем треугольнике (сторона 150 мм) разряд груза, число 19, а после введения новых правил перевозки взрывчатых материалов в равностороннем треугольнике условный номер опасного груза 125.

Хранение, использование и учет дибазита должны проводиться в соответствии с требованиями "Единых правил безопасности при взрывных работах".

При хранении дибазита в одном помещении с аммиачно-селитросодержащими промышленными ВВ их совместное нахождение в штабелях и секторах не допускается.

По истечении гарантийного срока хранения проводятся испытания на химическую стойкость и полноту детонации. При получении положительных результатов срок хранения дибазита продлевается на 6 мес. Количество переиспытаний не ограничено. При отрицательных результатах испытаний дибазит отправляется на предприятие-изготовитель на переработку или уничтожается в соответствии с "Едиными правилами безопасности при взрывных работах".

Транспортируют дибазит в крытых транспортных средствах согласно действующим правилам перевозок опасных грузов для соответствующего вида транспорта.

При транспортировании железнодорожным транспортом — перевозка повагонная, мелкими партиями; род подвижного состава — крытый вагон.

Транспортирование дибазита автомобильным транспортом осуществляется в соответствии с требованиями "Единых правил безопасности при взрывных работах", "Правил перевозки взрывчатых материалов автомобильным транспортом", согласованных с МВД и утвержденных Госгортехнадзором РФ. Для автотранспортных средств в информационной таблице указывается код экстренных мер — 243.

Меры по обеспечению безопасности и ликвидации последствий аварий необходимо проводить в соответствии с аварийной карточкой № 717.

К работе с дибазитом допускаются лица, имеющие единую книжку взрывника, право на соответствующий вид работ, изучившие руководство по применению дибазита и прошедшие соответствующий инструктаж.

Механизированные операции с дибазитом на складах ВМ производятся только с применением механизмов, допущенных Госгортехнадзором РФ для данных взрывчатых материалов.

Дибазит является взрывопожароопасным и токсичным веществом. При соприкосновении с кожей лица и рук вызывает головные боли, поэтому при производстве работ необходимо пользоваться респираторами и перчатками .

Дибазит при изготовлении относится к 1 классу опасности, а при использовании к 4 классу. Предельно допустимая концентрация (ПДК) в воздухе — 0,02 мг/м^3.

При загорании дибазита весь персонал должен срочно покинуть место горения и удалиться на безопасное расстояние.

Не допускается применять дибазит для заряжания обводненных скважин с кислыми (pH менее 3) и щелочными (pH более 10,5) грунтовыми водами.

Заряжание скважин дибазитом осуществляется ручным способом.

Для возбуждения детонации скважинных зарядов дибазита необходимо применять средства инициирования — шашки-детонаторы Т-400 или ТГ-500, или других марок, допущенных Госгортехнадзором РФ, или промежуточный детонатор из тротилсодержащих ВВ массой не менее 2 кг.

Время нахождения заряда дибазита в обводненной скважине определяется допустимым временем нахождения в воде средств инициирования.

Дибазит, не отвечающий изложенным требованиям, подлежит отправке на завод-изготовитель на переработку или уничтожению взрыванием или сжиганием в соответствии с требованиями "Единых правил безопасности при взрывных работах". Просыпи и остатки-сметки уничтожаются сжиганием. Максимальная масса на одном костре не более 10 кг.

Ликвидация отказавших скважинных зарядов дибазита производится в соответствии с требованиями "Единых правил безопасности при взрывных работах" и "Временной

инструкцией по предупреждению и ликвидации отказавших зарядов", согласованной с Госгортехнадзором РФ, при этом заряжание скважин (шпуров) для ликвидации отказа производится тротилсодержащими ВВ.

Для производства работ по ликвидации отказавших зарядов на предприятии разрабатываются специальные мероприятия по обеспечению безопасности работ.

4.4. ТРОТИЛ-У

Тротил-У — промышленное взрывчатое вещество 1 класса, изготавливаемое из тротила, извлеченного из боеприпасов при расснаряжении, предназначенное для заряжания обводненных и сухих скважин при производстве взрывных работ на земной поверхности во всех климатических районах. Температурные пределы применения от +50 до −60 °С. Диаметр скважин не менее 150 мм с агрессивностью сред pH = 3−8.

Тротил-У выпускается двух марок: УД и УГ.

Тротил марки УД (дробленый) — выпускается в виде кусков полидисперсного состава, предназначен для ручного заряжания скважин.

Тротил марки УГ (гранулированный) — выпускается в виде гранул размером 3−5 мм, предназначен для ручного и механизированного заряжания скважин.

Условные обозначения тротила-У: УД ТУ и УГ ТУ.

По физико-химическим свойствам тротил-У должен соответствовать требованиям и нормам, указанным в табл. 4.5.

Тротил-У выпускается в непатронированном виде в упаковке, предусмотренной ГОСТ 14839.20 и ТУ.

Номинальная масса (нетто) тротила-У в мешке — 40 ± ± 0,3 кг.

На каждую упаковку должна быть нанесена маркировка с указанием:

— условного обозначения тротила-У и его марки;

— наименования или товарного знака предприятия-изготовителя;

— номера партии;

— номера места;

— личного клейма упаковщика или контролера ОТК;

— массы нетто;

— массы брутто (на ящиках);

— даты изготовления;

Таблица 4.5

Характеристика марок утилизированного тротила

Показатель	Норма	
	Марка УД	Марка УГ
Внешний вид	Куски нерегламентированной формы и прессованные тротиловые шашки размером до 45 мм от светло-желтого до коричневого цвета	Гранулы нерегламентированной формы от темно-желтого до коричневого цвета. Размер гранул: проход гранул через сито с сеткой № 5 (по ГОСТ 3826) не менее 50 %; остаток гранул и их сростков на сите с сеткой № 10 (по ГОСТ 3826) не более 3 %; остатков на сите с сеткой № 14 (по ГОСТ 3826) – отсутствие
Температура затвердевания (плавления), °С, не менее	80,0	80,0
Массовая доля влаги и летучих, %, не более	2,0	2,0
Массовая доля веществ, нерастворимых в органическом растворителе (в том числе примеси), %, не более	1,5	1,5
Кислотность в пересчете на серную кислоту, %, не более	0,01	0,01

– знака разрядности груза (число 9 в равностороннем треугольнике) или (после введения "Правил перевозок опасных грузов") белая полоса условного номера 144;

– знака опасности груза (по ГОСТ 19433–88);

– белой полосы в соответствии с "Едиными правилами безопасности при взрывных работах" или надписи: "Только для открытых работ";

– манипуляционных знаков (по ГОСТ 14192);

– предупредительной надписи "Не бросать!".

Гарантийный срок хранения тротила-У 2 года со дня изготовления.

Основные взрывчатые характеристики тротила-У

Насыпная плотность, г/см^3:
- марки УД . . . . . 0,75 – 0,80
- марки УГ . . . . . 0,9 – 1,0

Плотность кусков и гранул, г/см^3, не менее 1,45
Содержание влаги и летучих веществ, %, не более 2,0
Теплота взрывчатого превращения, ккал/кг . . . . . 870 – 970

Газовая вредность в пересчете на условную окись углерода, л/кг	345
Объем газов, л/кг:	
сухого	710
водонаполненного	895
Кислородный баланс, %	−74
Скорость детонации, км/с:	
сухого	4,0 — 4,6
водонаполненного	5,0 — 5,5
Критический диаметр, мм:	
в стальной оболочке	10 — 15
в бумажной оболочке	60 — 80
Фугасность, $см^3$	285 — 295
Бризантность (по ГОСТ 5984), мм, не менее	15
Чувствительность к удару (по ГОСТ 4545):	
частость взрывов в приборе № 1, %	0 — 20
нижний предел, мм	500
Чувствительность к трению на приборе К-44-3, %:	
при усилии прижатия 686,5 МПа	4
при усилии прижатия 1078,7 МПа	100
Удельное электрическое сопротивление, Ом · м	$10^7 — 10^{10}$

Перевозка тротила-У транспортными средствами предприятий, ведущих взрывные работы, а также приемка предприятиями-потребителями должны осуществляться согласно инструкциям, разработанным в соответствии с требованиями правил (инструкций) перевозки взрывчатых материалов железнодорожным, морским, речным и другими видами транспорта, согласно "Единым правилам безопасности при взрывных работах". Такие инструкции должны быть утверждены руководителями предприятий.

Инициирование тротила-У должно осуществляться шашками-детонаторами Т-400Г, ГТП-500 и др. (по ОСТ 84−411).

Заряжание скважин тротилом марки УД должно выполняться вручную, марки УГ вручную или механизированно.

С целью исключения разрушения шашки-детонатора (боевика) падающими в скважину кусками тротила марки УД при нижнем инициировании конструкция скважинного заряда должна состоять из штатного промышленного ВВ на высоту не менее 1 м от забоя скважины, в которое должен быть погружен боевик, остальная часть заряда — из тротила-У марки УД.

При применении верхнего (прямого) инициирования скважинный заряд может состоять целиком из тротила-У марки УД.

Во избежание застревания кусков ВВ в скважине (образования пробки) засыпать тротил-У марки УД следует равно-

мерно, с производительностью в два раза меньшей, чем при засыпке гранулированного ВВ.

Операции по заряжанию скважин тротилом марки УГ соответствуют операциям, выполняемым с гранулотолом.

Для обеспечения эффективности и безотказности взрывания необходимо перед заряжанием производить очистку скважин, полностью заполнять заряжаемый объем скважины взрывчатым веществом, не допускать в заряде воздушных промежутков и породных пересыпок.

В процессе заряжания скважин тротил-У выделяет вредную для организма человека и взрывоопасную тротиловую пыль. Предельно допустимая концентрация ее в воздухе рабочей зоны — 0,5 мг/м^3; нижний предел взрывоопасной концентрации аэрозоля — 12 г/м^3; минимальная энергия зажигания пылевоздушной смеси — 2,9 мДж.

При работе с тротилом-У следует применять индивидуальные защитные средства, предупреждающие попадание пыли на кожные покровы, слизистые оболочки, в органы дыхания и пищеварения, а также соблюдать правила личной гигиены.

При попадании ВВ в глаза или на кожу необходимо смыть его большим количеством воды, при раздражении дыхательных путей рекомендуется полоскание горла 2—3 %-ным раствором пищевой соды.

При поступлении тротила-У на склад ВМ проводится проверка внешнего вида и целостности упаковки, качества маркировки, внешнего вида продукта.

Тротил-У является взрыво- и пожароопасным веществом.

Загоревшийся тротил-У следует тушить обильным количеством воды. Допускается применять углекислотные огнетушители.

Применять кошму и песок запрещается.

По степени опасности при транспортировании и хранении тротил-У относится к классу 1, подклассу 1.1, группе совместимости D (по ГОСТ 19433—88). Серийный номер ООН—0209. Номер аварийной карточки, содержащей меры безопасности при аварийных ситуациях на железнодорожном транспорте, — 711. Код экстренных мер при перевозке автомобильным транспортом — 243. Перевозить и хранить тротил-У следует в исправной таре. Его необходимо защищать от огня, воздействия атмосферных осадков и солнечных лучей.

Уничтожать непригодный к работе тротил-У следует взрыванием или сжиганием в порядке и в соответствии с "Едиными правилами безопасности при взрывных работах", инструкциями изготовителя или потребителя тротила-У.

При проведении погрузочно-разгрузочных работ, транспортировании, хранении, применении и уничтожении тротила-У необходимо соблюдать требования безопасности, предусмотренные ГОСТ 12.3.009, Едиными правилами безопасности при взрывных работах, Кратким руководством по применению тротила-У, Правилами перевозки взрывчатых материалов автомобильным транспортом, Правилами перевозок разрядных грузов, а также инструкциями, издаваемыми ведомствами и предприятиями, ведущими взрывные работы.

Учет и расходование тротила-У потребителем должны быть организованы в соответствии с "Едиными правилами безопасности при взрывных работах" и "Инструкцией о порядке хранения, использования и учета взрывчатых материалов".

Ликвидация отказавших скважинных зарядов тротила УД и УГ производится в порядке и в соответствии с требованиями "Единых правил безопасности при взрывных работах", инструкций предприятия-потребителя ВВ. Разборку породы у отказавшего заряда разрешается производить экскаватором с соблюдением требований параграфов 179, 182 и 189 "Единых правил безопасности при взрывных работах".

4.5. ШАШКИ-ДЕТОНАТОРЫ ИЗ ВЗРЫВЧАТЫХ ЭЛЕМЕНТОВ УТИЛИЗИРОВАННЫХ БОЕПРИПАСОВ

Ряд НИИ оборонной промышленности разработал шашки промежуточных детонаторов массой 500 – 1000 г из ВВ, полученных из утилизированных боеприпасов.

Конструкция разработанных шашек во всех случаях универсальна, т.е. детонация ее должна надежно происходить от обычных ДШ с навеской ВВ 12 г/м и больше, детонаторов, а также от электродетонаторов и детонаторов шведской системы инициирования Нонель и отечественной системы СИНВ. Они рассчитаны на устойчивую детонацию от разрабатываемых в России неэлектрических систем

инициирования Эдилин и УНСИ, которые имеют детонаторы более мощные, чем в системе Нонель, а для передачи детонационного импульса во взрывной сети (цепи) использован трубчатый волновод или маломощный ДШ с навеской 1,5 г/м. В шашках имеется одно сквозное цилиндрическое отверстие для пропуска ДШ или трубчатого волновода и гнездо для детонатора.

Красноармейским НИИ механизации (КНИИМ) разработаны шашки из поротола — смеси (сплава) тротила и зернового бездымного пороха в соотношении компонентов 50 : 50 со следующими характеристиками:

Марка шашек	ДПУ-600	ДПУ-800	ДПУ-1000
Диаметр наружный, мм	80	80	80
Масса ВВ, г	600	800	1000
Высота, мм	115	130	160
Скорость детонации, км/с	6,5	6,5	6,5

Давление детонации при взрыве шашек составляет 16 — 20 ГПа (160—200 тыс. кбар). Шашки обладают высокой водоустойчивостью и надежно детонируют после выдержки в воде под давлением 0,3 МПа (3,0 атм) в течение 20 сут. Развиваемое при взрыве давление детонации обеспечивает надежное возбуждение детонационного процесса в сухих и обводненных условиях практически всех применяемых в горном деле на земной поверхности низкочувствительных ВВ, в том числе гранипоров, дибазитов, порохов.

Нижнетагильским химическим заводом (НТХЗ) разработаны прессованные шашки "ПИГМА" массой 900 г из утилизированного тротила, полученного выплавкой из артиллерийских снарядов. Испытания шашек на карьерах АО "Качканарский ГОК" и "Карельский Окатыш" показали, что после их нахождения в воде под давлением 0,15—0,2 МПа (1,5—2,0 атм) тротил при плотности шашек меньше 1,58 г/см^3 намокает и становится малочувствительным (нечувствительным) к инициирующему импульсу детонатора Нонель. В связи с этим для повышения чувствительности шашек в их нижнюю часть (место расположения заряда детонатора) добавляли 50 % конверсионного гексогена. При испытаниях партий таких шашек отказов не происходило. Недостатками данного решения являются усложнение техники и технологии изготовления шашек и увеличение ее стоимости. Кроме того, согласно действующим "Единым правилам безопасности при взрывных

работах" при отказе зарядов с такими шашками механизированная разборка места отказа запрещается. Это приводит к значительным усложнению и удорожанию процессов ликвидации отказавших скважинных зарядов при массовых взрывах.

ГП "Завод им. Я.М. Свердлова" разработаны гексотоловые шашки ТГФ и ГТП массой 500 и 850 г (только ТГФ), а также тротиловые Т массой 500 г со следующими характеристиками:

Марка шашек	ТГФ-500Э	ТГФ-850Э	ГТП-500	Т-500
Плотность, г/см^3, не менее	1,6	1,6	1,58	1,54
Масса, г	500	850	500	500
Водоустойчивость, сут	730	730	10	10
Скорость детонации, км/с	7,2–7,8	7,2–7,8	7,2	6,2
Теплота взрыва, кДж/кг	4800	4800	4500–4980	4230
Размеры, мм:				
диаметр шашки	61	79	70	70
высота	110	115	86	86
диаметр канала	15	15	14,5	14,5
диаметр гнезда	8	8	7,7	7,7
глубина гнезда для КД	95	100	73	73

Гексотоловые шашки при взрыве развивают давление детонации до 22 ГПа и обеспечивают возникновение детонационных процессов во всех применяемых в горном деле низкочувствительных ВВ. Выпускаются также гексотоловые и тротиловые шашки массой 400 г, из флегматизированного гексогена ГФ ПП-400, прямоугольной формы со сквозным цилиндрическим каналом. Последние шашки предназначены в основном для геофизических работ.

4.6. ВЗРЫВЧАТЫЕ ВЕЩЕСТВА И ИЗДЕЛИЯ ИЗ ПЕРЕРАБОТАННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ УТИЛИЗИРОВАННЫХ БОЕПРИПАСОВ

Кроме указанных выше типов ВВ институты оборонной промышленности разработали рецептуры других ВВ и изделий из взрывчатых элементов утилизированных боеприпасов, при этом были использованы составы, которые пока весьма мало применяют для переработки в промышленные ВВ. Это смесевые ВВ: тротил-гексоген, тротил-гексоген-алюминий, гексоген-алюминий, а также смесевые твердые ракетные топлива (СРТТ) на основе октоген-перхлорат аммония-алюминия.

КНИИМ разработаны рецептуры мощных гранулиро-

ванных ВВ – альгетолов и патронов импульсионного ВВ – эмульсена.

Альгетолы содержат 15, 25 и 35 % гексогена, тротила, дисперсного алюминия и 9–10 % флегматизатора. Они имеют скорость детонации 7,5–8,0 км/с, плотность гранул 1,65, насыпную 1,0 г/см^3, абсолютно водоустойчивы и предназначены для ручного заряжания обводненных скважин и шпуров на земной поверхности при отбойке наиболее крепких пород. Могут быть использованы для улучшения проработки подошвы уступов путем заряжания 20–50 кг ВВ в перебур скважин. Одно из главных преимуществ их использования – конкурентоспособность по стоимости с другими ВВ с учетом новых результатов по эффективности.

Эмульсены содержат пироксилиновый порох 35–50 % и эмульсию 35–50 %. В состав эмульсии входят следующие компоненты (%): NH_4NO_3 69, $NaNO_3$ 10, эмульгатор 2, масло индустриальное 5, вода 14. Патроны готовят в полиэтиленовых оболочках (аналогичных полиэтиленовой упаковке творога) на автоматах. Они абсолютно водоустойчивы, предназначены для ручного заряжания шпуров и скважин. При заряжании скважин большого диаметра для увеличения плотности заряжания патроны предварительно надрезают. Разработаны также рецептуры водосодержащих гельпоров № 1, № 2, № 3, содержащих 50 % NH_4NO_3, крошку баллиститного, пироксилинового порохов 20–30 % или твердого ракетного топлива до 35 %. Для его флегматизации введены 10–15 % воды и 1,5 % загустителя, а также 0,05 % структурирующей добавки. Эти ВВ предназначены для патронирования и ручного заряжания скважин любой степени обводненности; по взрывчатым характеристикам они аналогичны акватолу 65/35 или карбатолу.

ГП "Завод им. Я.М. Свердлова" разработаны кумулятивные заряды КЗ-30 из сплава тротила и гексогена с прессованной таблеткой под гнездо детонатора. Они имеют диаметр основания 416 мм, высоту 360 мм, массу до 20 кг и предназначены для разрушения металлических или чугунных кусков "скрапов" массой до 120 т на отвалах металлургических заводов. После взрыва полученные куски, как правило, не превышают 10 т, что позволяет осуществлять их погрузку для вторичной переработки.

МГГУ совместно с фирмой "Кастл" (Трансвзрывпрома) разработаны водосодержащие составы с крошкой твердых ракетных топлив (СРТТ). Они водоустойчивы, имеют скорость детонации 6,0—6,5 км/с, энергетические объемные характеристики в 1,7—2,0 раза выше, чем у наиболее мощных акватолов типа ГЛТ-20.

Совместно с МНТЦ "Взрывбезопасность" (ФЦДТ Союз) МГГУ разработаны эмульсионные (с прямой и обратной эмульсией) составы с добавками пороховой смеси или гранипоров. Водоустойчивость полученных ВВ на 20—30 % выше известных акватолов ГЛТ-20.

Работы по использованию элементов утилизированных боеприпасов ведут и другие организации. Так, фирма "Взрывтехнология" разработала и испытывает новые омасленные и водосодержащие ВВ на основе бездымных порохов, которые по области применения и эффективности эквивалентны граммониту 79/21, но более чем в 1,5 раза дешевле.

Принципиальным для всех ВВ, содержащих гексоген, оксоген, пороха, является решение следующих вопросов.

1. Механизированная зарядка скважин. Это успешно может быть реализовано путем применения гравитационных зарядных машин типа "Зыряновск", МЗ-8, МЗ-12 (ППП "Кривбассвзрывпром" и ИГТМ Украинской национальной Академии наук), бункеров БЗА (Союзвзрывпром), самотечных бункерных машин (АО "Сорский молибденовый комбинат") и др.

2. Механизированная разборка мест отказавших зарядов при массовых взрывах. В этом случае можно, например, залить водой место разборки (участок уступа) отказавших зарядов, взорвать расположенные рядом пробуренные скважины. Однако принятие таких решений ошибочно: недопустимо заранее планировать отказы при массовых взрывах из-за низкого качества средств инициирования. Зарубежные фирмы считают, что отказов при массовых взрывах быть не должно, и выполняют это на практике.

Если учесть, что стоимость СИ при массовых взрывах составляет менее 5—7 % общей стоимости, то в случае необходимости следует увеличить стоимость систем инициирования в 2 и более раз, исключив при этом потенциальную возможность получения отказов.

Один из реальных и быстро реализуемых путей устранения отказов — не производить крупные многоблоковые массовые взрывы на карьерах, когда за один прием взрывают до 1000 т и более ВВ в 10 и более блоках в разных местах (участках) карьера. Частично это возможно за счет использования на карьерах дистанционного инициирования каждого взрываемого блока по радиоканалу системы "Гром" или "Друза-М". Однако стоимость этих систем высока (до 100 млн. руб. и более), а потому невыгодна для использования на небольших горных объектах.

Исключение крупных массовых взрывов на карьерах позволит уменьшить вредное воздействие на окружающую среду, вызываемое одновременным выбросом в атмосферу больших объемов ядовитых газов и пыли, а также существенно снизить требования к применяемым ВВ по количеству выделяемых ими ядовитых газов. Это особенно важно для использования на карьерах промышленных ВВ с элементами утилизированных боеприпасов, выделяющих, как правило, повышенное количество ядовитых газов.

5. ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ ПРОМЫШЛЕННЫХ ВВ С КОМПОНЕНТАМИ ИЗ УТИЛИЗИРОВАННЫХ БОЕПРИПАСОВ К ВНЕШНИМ ВОЗДЕЙСТВИЯМ

Безопасность применения, транспортирования и хранения ВВ с компонентами из утилизированных боеприпасов связана с условиями, влияющими на их чувствительность к механическим и тепловым воздействиям, разрядам статического электричества, а также на их электризуемость. Определяется такими показателями, как химическая стабильность (стойкость) ВВ, токсичность продуктов взрыва, способность к химическому взаимодействию с горными породами и грунтовыми водами.

5.1. ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ ВВ К УДАРУ

Основной характеристикой чувствительности ВВ к удару является нижний предел чувствительности — максимальная высота сбрасывания груза массой 10 кг, при которой не наблюдается ни одного (или не более одного) взрыва из 25 испытаний (100 % отказов). Для более полной характеристики чувствительности к удару дополнительно определяют частоту взрывов, по проценту из 25 испытаний или по высоте сбрасывания груза, обеспечивающей частоту взрыва, равную 50 %. Критическая энергия удара $K_{50\%}$, при которой происходит 50 % взрывов, характеризуется кинетической энергией груза массой $M = 10$ кг, падающего с высоты H на торцевую поверхность ролика площадью S, и определяется по формуле

$$K_{50\%} = \frac{MqH\left(1 - \frac{H_0}{H}\right)}{S},$$

где q — ускорение свободного падения; H_0 — высота отскока груза.

Для тротила $K_{50\%} = 112$ Дж/см^2. Другие ВВ (тетрил, гексоген, ТЭН) имеют большую чувствительность к удару. Однако в наших ГОСТах нет нормативных значений чувствительности к удару, по которым можно было бы судить о пригодности ВВ к способу транспортирования, хранения, производству погрузочно-разгрузочных работ и применению на взрывных работах. Можно только оценить безопасную энгергию удара. Например, для тротила она составляет (при $H_0/H = 0{,}8$) около 20 Дж. В зарубежной практике, согласно рекомендациям ООН по перевозке опасных грузов, вещество считается слишком чувствительным для перевозки, если предельная энергия удара, при которой происходит взрыв, составляет менее 2 Дж, что близко к чувствительности к удару инициирующих ВВ.

Взрывчатые вещества утилизированных боеприпасов, согласно отраслевым стандартам, проходят испытания на сбрасывание с определенной высоты. Изделие или упакованное ВВ после удара в результате свободного падения не должно загораться или взрываться. Испытания на чувствительность шашек из баллиститных ракетных твердых топлив показали, что при сбрасывании без упаковки с высоты 5 м, а в деревянной упаковке с высоты 3 м на бетонное основание или железнодорожный рельс при температуре воздуха от +50 до −50 °С шашки не загораются и не детонируют, что подтверждает безопасность их погрузки, разгрузки и транспортировки даже в экстремальных ситуациях.

5.2. ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ ВВ К ТРЕНИЮ

Чувствительность к трению промышленных ВВ определяется с добавлением к испытуемому ВВ 5 % песка. При положительных результатах можно судить о возможности ликвидации отказавшего шпурового или скважинного заряда разборкой породы экскаватором. Чувствительность ВВ к тре-

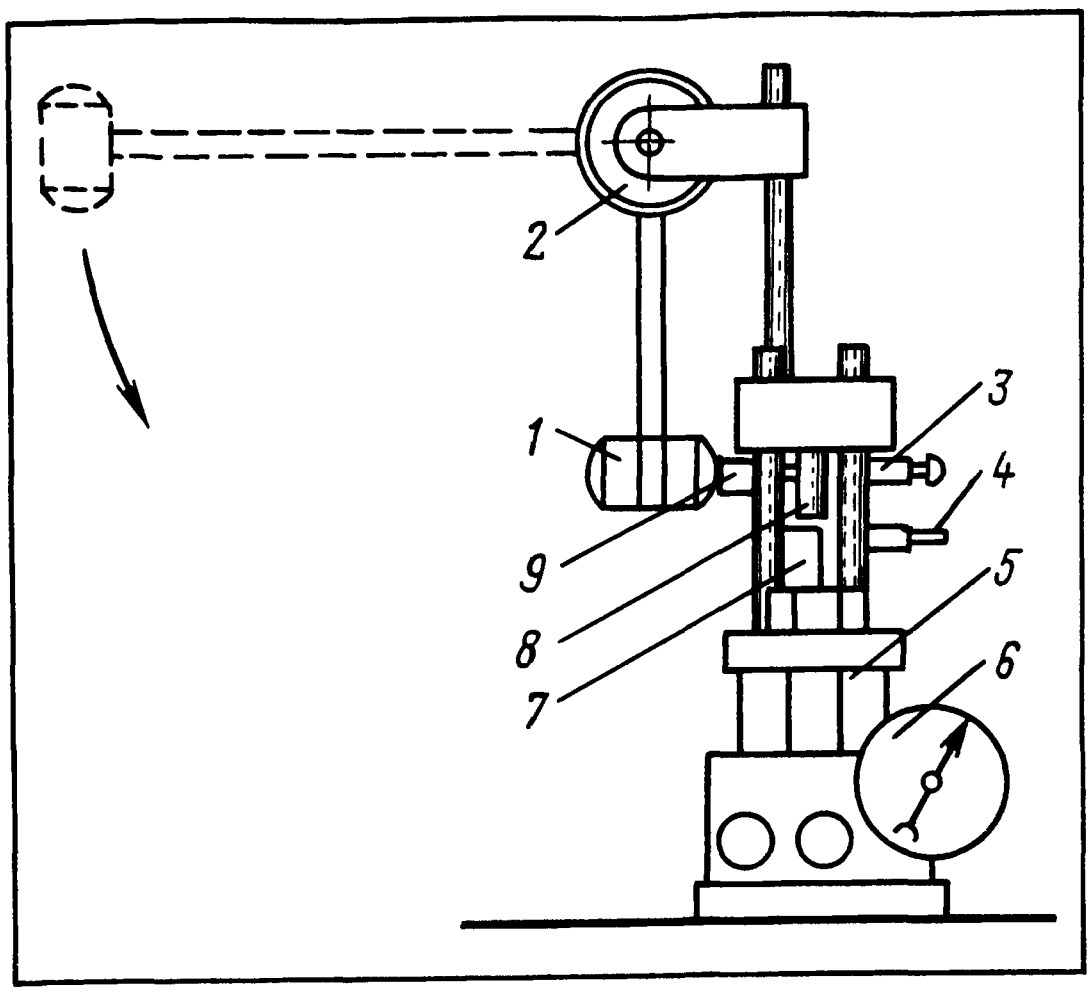

Рис. 5.1. Маятниковый копер К-44-III:
1 — груз; *2* — диск с угловым делением; *3* — съемник штемпельных приборов; *4* — рукоятка; *5* — масляный пресс; *6* — манометр; *7* — обойма; *8* — штемпельный прибор; *9* — ударник

нию при ударном сдвиге определялась на приборе К-44-III, а чувствительность к удару — по прибору Каста.

При испытаниях на маятниковом копре К-44-III (рис. 5.1, 5.2) (приборе трения) навеску ВВ 0,02 г помещают в штемпельный прибор и с помощью масляного пресса подвергают сжатию. Затем сбрасывают груз, который ударом сбоку сдвигает верхний ролик. В результате этого навеска ВВ, зажатая между роликами, подвергается трению. Взрыв или отказ фиксируют по звуку. Меняя давление при постоянном угле сбрасывания груза, строят кривую чувствительности к трению при ударном сдвиге в зависимости от давления. Нижний предел соответствует давлению, при котором взрывы отсутствуют.

Испытания на чувствительность ВВ к удару проводят: инициирующих ВВ на рычажном копре К-44-I, бризантных — на вертикальном копре К-44-II (рис. 5.3). В последнем случае для испытания ВВ навеску испытуемого вещества массой 0,05 г помещают в штемпельный прибор между цилиндрическими роликами. Груз массой 10 кг сбрасывают на ролик прибора с высоты 0,25 м. После отскока груз стопором

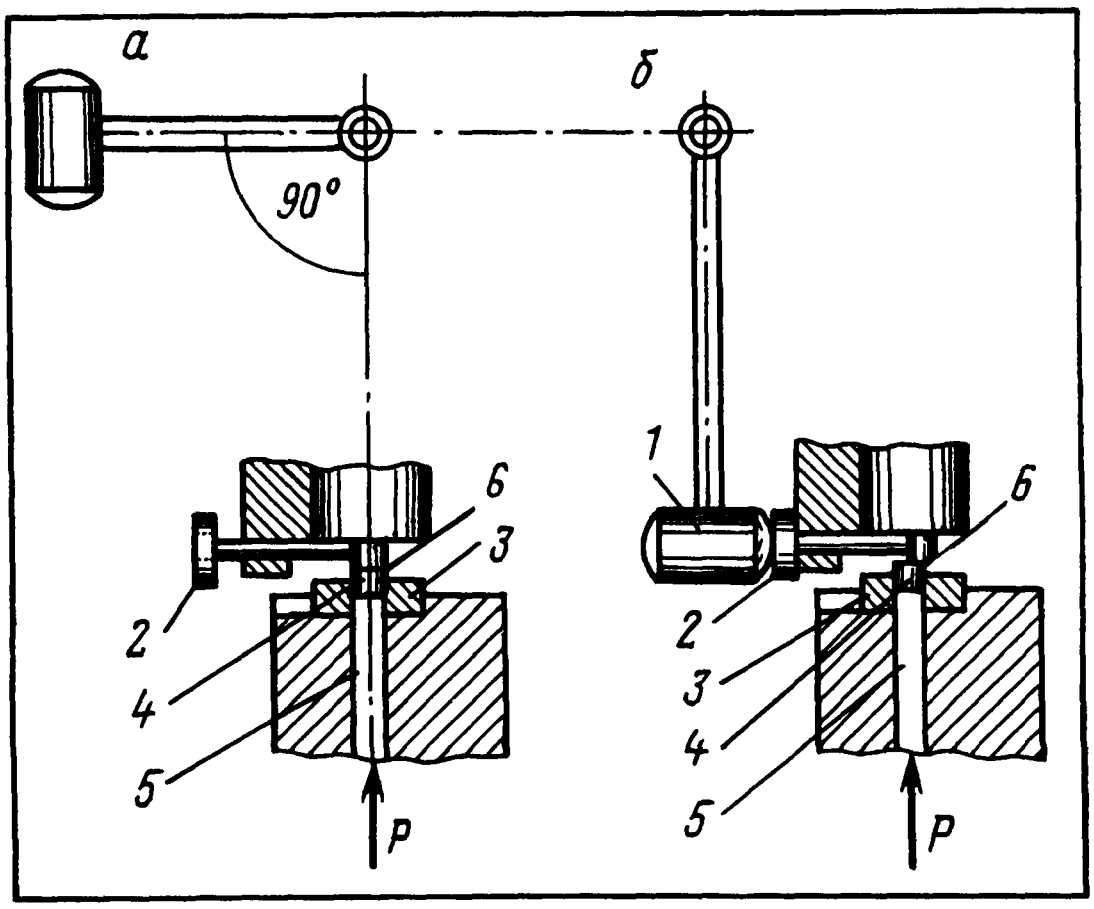

Рис. 5.2. Схема работы маятникового копра К-44-III.
Положение частей копра перед (*а*) и после (*б*) сбрасывания груза. *1* — груз; *2* — ударник; *3* — муфта штемпельного прибора; *4* — ролики; *5* — плунжер масляного пресса; *6* — взрывчатое вещество

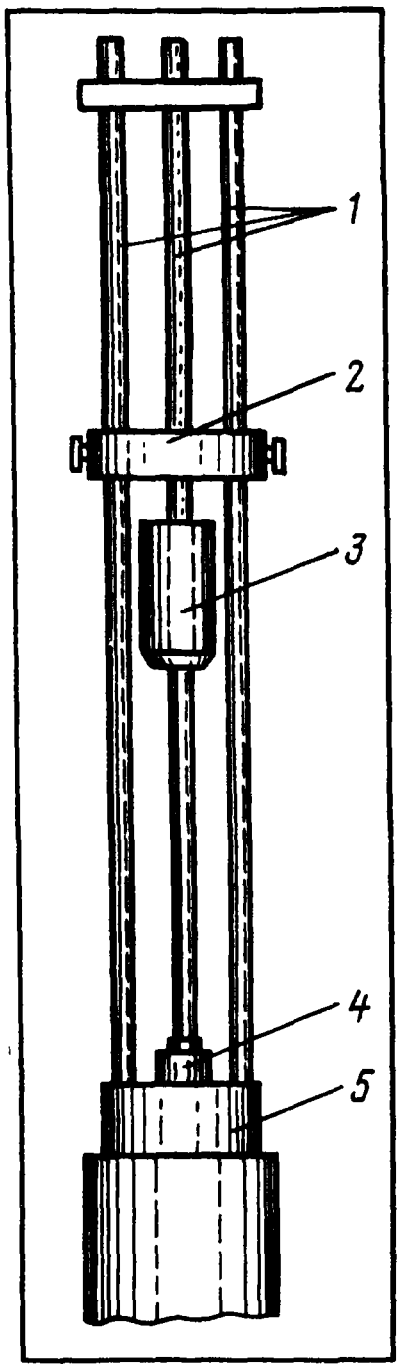

Рис. 5.3. Вертикальный копер К-44-II:
1 — направляющие; *2* — держатель; *3* — груз; *4* — штемпельный прибор; *5* — наковальня

Таблица 5.1

Чувствительность ВВ к удару и трению

Взрывчатые вещества	Нижний предел чувствительности (груз 10 кг), мм	Чувствительность к трению при ударном сдвиге по нижнему пределу, кгс/см^2	Энергия удара, Дж
НМФ-2D	100	1573	10
БНК	125	1270	12,5
РСИ-12К	125	1270	12,5
РСИ-60	125*	1270	6,25
РСТ-4К	75*	1089	3,75
РНДСИ-5КМ	15	1270	7,5
РБФ	15	1573	7,5
РНДС	100	1270	10
ТНТ	200–220	Более 3000 (с примесью песка 5 %)	20–22
ТГ-40	125	3000	12,5
ТГ-50	130	30 000	13
Пироксилиновые пороха	40	1210	4

*Груз массой 5 кг.

удерживается в верхнем положении. Взрыв фиксируется по звуку. Обычно проводят 25 испытаний. Мерой чувствительности принимается процент (частость) взрыва или нижний предел (в мм). Иногда вместо груза в 10 кг применяют грузы массой 2 и 5 кг.

Результаты испытаний ВВ приведены в табл. 5.1.

Из табл 5.1 видно, что энергия удара ВВ из утилизированных боеприпасов, необходимая для взрыва, в 2—6 раз выше, чем максимально допустимая, а поэтому они не являются опасными по чувствительности и вполне пригодны для перевозок. Кроме того, безопасность перевозки баллиститных шашек и пироксилиновых порохов обеспечивается дополнительно их упаковкой в специальную заводскую тару, защищающую от ударов, толчков и трения.

По принятой ООН классификации испытанные ВВ относятся к категории В (опасность воспламенения), что должно учитываться при организации их использования, транспортирования и хранения.

5.3. ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ ВВ К ТЕПЛОВЫМ ВОЗДЕЙСТВИЯМ

Одной из важнейших характеристик чувствительности ВВ к тепловым воздействиям является его способность воспламеняться от внешнего источника тепла и гореть.

Наиболее простым является метод определения чувствительности ВВ к лучу огня от огнепроводного шнура (ОШ). Исследования показали, что баллиститные шашки и пироксилиновые зерненые пороха загораются от луча огня ОШ.

Обычно мерой чувствительности ВВ к нагреву служит температура вспышки при определенных условиях опыта, в частности от массы испытуемого ВВ. При испытаниях (рис. 5.4) навеску ВВ (0,05 г) помещают в гильзу, а гильзу — в легкоплавкий сплав Вуда, подогреваемый баней. Температура сплава непрерывно контролируется термометром или термопарой. Промежуток времени от начала нагревания пробы до вспышки навески ВВ называют периодом задержки $t_з$ или индукции, а минимальную температуру, до которой необходимо нагреть навеску ВВ в данных условиях испытания, чтобы произошла вспышка, называют температурой вспышки. Другим способом определяют температуру мгновенной вспышки за время нагревания менее 1 мин (5 с) и температуру вспыш-

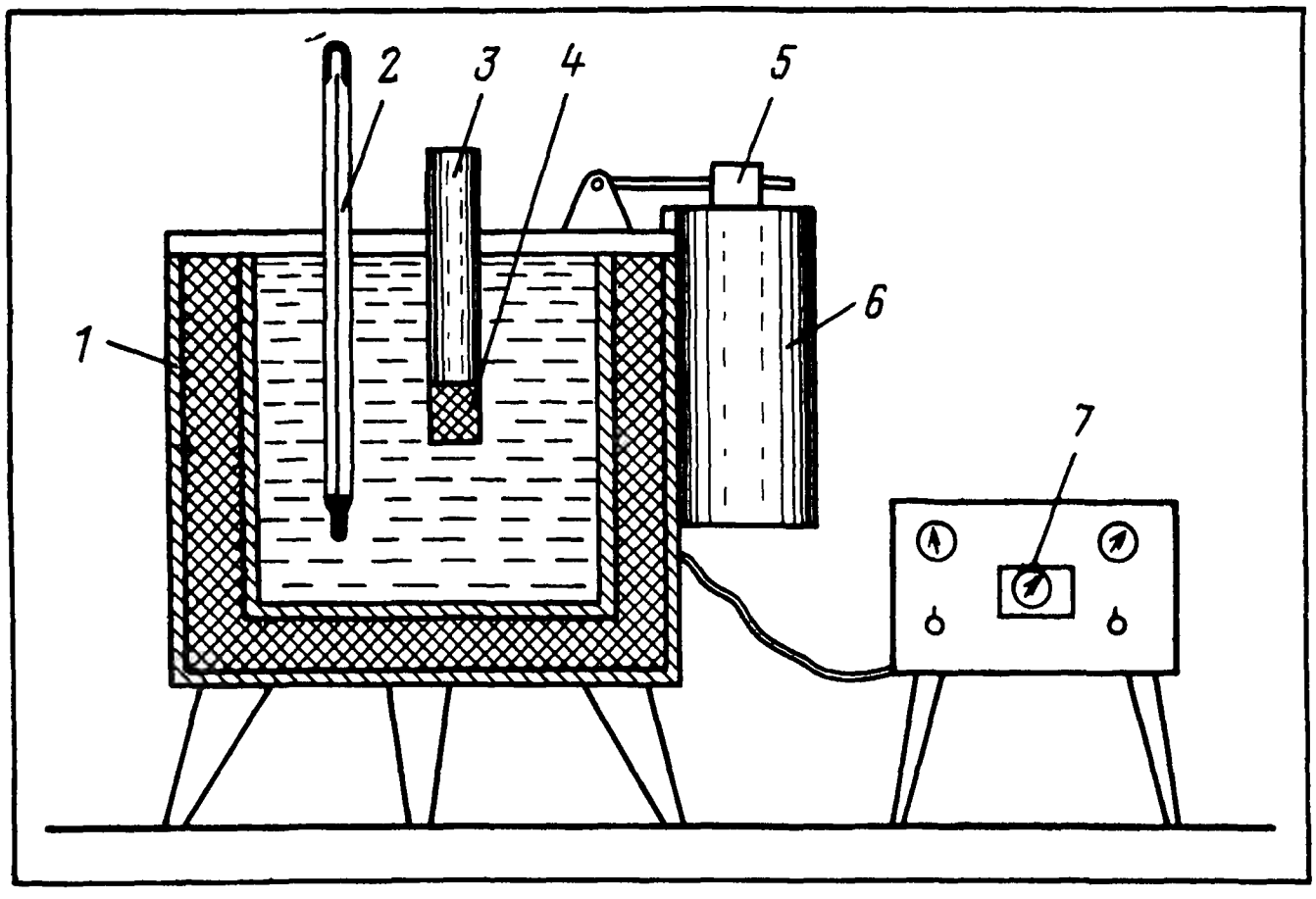

Рис. 5.4. Прибор для определения температуры вспышки:
1 — водяная баня; *2* — термометр или термопара; *3* — гильза; *4* — навеска вещества; *5* — ковшик; *6* — электромагнит; *7* — электросекундомер

Таблица 5.2

Температура вспышки некоторых ВВ при разном времени задержки $t_з$

Взрывчатые вещества	Температура вспышки, °С		Взрывчатые вещества	Температура вспышки, °С	
	при $t_з = 5$ с	при $t_з = 300$ с		при $t_з = 5$ с	при $t_з = 300$ с
Пироксилин	–	195	ТЭН	225	215
Нитроглицерин	220	210	Гексоген	260	230
Баллиститные пороха	230–270	180–220	Азид свинца	340	315

ки при нагревании в течение 5 мин (300 с). Скорость нагрева регулируется, а время задержки измеряется секундомером. Такой способ дает более полную картину чувствительности ВВ к тепловому воздействию. Так, например, температура плавления $t_{пл}$ тротила (ТНТ) составляет 80,2 °С, температура вспышки за 5 мин – 275 °С, а температура мгновенной вспышки (t = 1 мин) – 420 °С.

Температуры вспышки баллиститных топлив пироксилиновых порохов и ВВ приведены в табл. 5.2.

5.4. ПЕРЕХОД ГОРЕНИЯ В ДЕТОНАЦИЮ

Переход горения ВВ в детонацию может произойти при определенном (критическом) давлении образующихся при горении газообразных продуктов.

После воспламенения заряда ВВ в зависимости от глубины прогретого слоя и времени действия внешнего источника тепла процесс горения может затухнуть или перейти в стационарное горение (при условии, что теплоотдача сравняется с теплоподводом). Если теплоотдача по каким-то причинам меньше теплоподвода, то скорость горения, которая была меньше скорости звука в исходном ВВ, с повышением давления возрастает, и горение, достигнув определенных критических условий, скачкообразно переходит во взрыв.

В некоторых официальных источниках рекомендуется при уничтожении тротила сжиганием массу заряда принимать не более 50 кг во избежание перехода горения во взрыв. Вместе с тем имели место одиночные опыты, когда штабель из

ящиков с тротилом общей массой 26 т сгорел без взрыва. Следует отметить, что из-за сильного ветра теплоотдача при горении была интенсивной.

Для всех марок баллиститных топлив предел устойчивого горения соответствует давлению 110 МПа, а у пироксилиновых порохов еще выше. Испытания по сжиганию порохов (ВВ) в закрытом стальном цилиндре с небольшим выпускным отверстием в торцевой части показали, что перехода горения в детонацию не происходило.

5.5. ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ ВВ К СРЕДСТВАМ ИНИЦИИРОВАНИЯ

Для оценки общей чувствительности ВВ используют такие показатели, как чувствительность к капсюлю-детонатору и прострелу пулей.

Наиболее часто чувствительность ВВ характеризуется его способностью к инициированию в открытом заряде с помощью капсюля-детонатора.

Этот метод испытаний применяют для классификации взрывчатых составов по условиям безопасности их использования, хранения и транспортирования. ВВ, чувствительные к капсюлю-детонатору, по условиям перевозки относятся в основном к категории А (максимальная опасность).

Испытания на прострел пулей проводят при стрельбе пулей массой 10 г с расстояния 23 м и начальной скорости 800 м/с.

Баллиститные топлива и пироксилиновые пороха не чувствительны ни к взрыву капсюля-детонатора, ни к прострелу пулей, т.е. их безопасность при транспортировании и хранении удовлетворяет требованиям.

Восприимчивость к детонации характеризуется предельным инициирующим зарядом, т.е. минимальным зарядом инициирующего ВВ, надежно обеспечивающим полную детонацию бризантного ВВ. Для определения восприимчивости к детонации 1 г бризантного ВВ запрессовывают в медную гильзу от капсюля-детонатора № 8 под давлением 100 МПа. Затем сверху запрессовывают определенное количество инициирующего ВВ под давлением 50 МПа. Затем возбуждают детонацию инициирующего заряда ВВ, который,

в свою очередь, возбуждает детонацию бризантного ВВ, добиваются полной его детонации при минимальном заряде инициирующего ВВ, т.е. определяют предельный инициирующий заряд. О полноте детонации судят по пробитию стандартных, свинцовых пластинок толщиной 5 мм, при этом для полной детонации диаметр отверстия в пластинке должен быть больше или равен диаметру гильзы капсюля-детонатора. Предельный инициирующий заряд является также характеристикой самого инициирующего ВВ. Значения предельного инициирующего заряда для некоторых ВВ приведены в табл. 5.3.

Реально в капсюлях-детонаторах массу заряда инициирующего ВВ назначают на порядок больше предельного, т.е. 0,2—0,5 г и более, в зависимости от типа бризантного ВВ, используемого в качестве вторичного заряда. Массу вторичного заряда выбирают в зависимости от назначения КД. Так, заряды ВВ в инженерных боеприпасах (противотанковых минах, стандартных зарядах, зарядах разминирования) надежно срабатывают от капсюля-детонатора № 8, в котором заряд азида свинца составляет 0,2 г, а заряд бризантного ВВ (тетрил, ТЭН или гексоген) составляет 1,02 г. Для надежного инициирования зарядов из баллиститных шашек применяют промежуточный детонатор из двух шашек ТГ-500 общей массой 1 кг.

В последние годы в связи с участившимися случаями аварий и катастроф на складах боеприпасов и при их транспортировании, особенно железнодорожным транспортом, возникла необходимость изучения чувствительности не только ВВ, но и боеприпасов различного назначения, которыми они снаряжены.

Под чувствительностью боеприпасов к внешним воздействиям понимается возможность их взрыва при различных условиях, связанных с их применением и транс-

Таблица 5.3

Предельные массы инициирующих зарядов для разных ВВ, г

Испытываемые бризантные ВВ	Гремучая ртуть	Азид свинца
Тротил	0,36	0,09
Тетрил	0,29	0,025
Гексоген	0,19	0,05
ТЭН	0,17	0,01–0,02

портированием. К таким условиям относятся: повышение температуры боеприпаса и его снаряжения при возгорании и пожаре хранилищ и возможность перехода горения во взрыв; удары при случайном падении боеприпасов в упаковке и без нее при погрузке; удары при парашютном сбрасывании; возможный прострел пулей упаковки и боеприпасов на поле боя, при их доставке или в результате обстрела хранилищ с боеприпасами при диверсионных действиях.

Чувствительность к внешним воздействиям боеприпасов, в том числе утилизируемых, передаваемых для использования в промышленности, определяется чувствительностью ВВ, которым снаряжены боеприпасы; наличием оболочки, прочностью корпуса боеприпаса и его устойчивостью к внешним тепловым воздействиям; особенностями конструкции боеприпаса.

Для боеприпасов, находящихся на складах и в транспортных средствах, чувствительность определяется также наличием укупорки и ее характеристикой, размерами штабелей боеприпасов и другими условиями хранения и перевозки.

Тип снаряжения боеприпасов является определяющим фактором их чувствительности. При наличии в боеприпасе инициирующего ВВ его чувствительность к внешним воздействиям (тепло́вому, ударам и др.) высокая, и окончательно снаряженные боеприпасы требуют наиболее осторожного обращения.

Боеприпасы, снаряженные только бризантными ВВ, менее опасны в обращении, и даже их горение не всегда переходит во взрыв. Однако конструкция некоторых боеприпасов способствует переходу горения во взрыв за счет срабатывания огневой цепи, которая в нормальном режиме срабатывает от взрывателя.

Наличие мощной оболочки заряда ВВ (корпуса боеприпаса) способствует повышению внутреннего избыточного давления (до 5 МПа), что приводит к разрушению корпуса, истечению продуктов горения ВВ и переходу горения во взрыв за сравнительно короткий промежуток времени (10—15 мин).

Наличие штатной заводской упаковки (ШЗУ) боеприпасов,

как правило деревянной, резко повышает пожароопасность. При больших размерах горящих штабелей боеприпасов в ШЗУ могут возникать локальные очаги повышенного давления, достаточного для перехода горения во взрыв.

С другой стороны, упаковка существенно снижает (в 1,6 — 1,8 раза) параметры импульса взрыва. Кроме того, если толщина оболочки (корпуса) небольшая (примерно 1 мм), то деревянные стенки упаковки практически полностью улавливают ее осколки и одновременно ослабляют влияние осколочного поля на соседние боеприпасы в штабеле. Таким образом, при применении списанных боеприпасов в промышленности следует учитывать следующее. Наибольшее влияние на чувствительность боеприпасов оказывает наличие в них инициирующего или бризантного ВВ повышенной чувствительности.

На чувствительность боеприпасов к тепловому импульсу и переходу горения в детонацию помимо соответствующей чувствительности ВВ большое влияние оказывают толщина, прочность корпуса, особенности конструкции боеприпаса и размеры штабеля (хранилища).

Оболочка заряда существенно снижает чувствительность боеприпаса к взрывному импульсу, но мощная оболочка (более 4 — 5 мм) заряда ВВ, как правило, обеспечивает переход горения во взрыв.

Детонация боеприпасов в соседних хранилищах, расположенных на расстояниях, превышающих критическую чувствительность к взрывному импульсу, определяется действием осколков.

6. ТОКСИЧНОСТЬ ВЗРЫВЧАТЫХ МАТЕРИАЛОВ С КОМПОНЕНТАМИ ИЗ УТИЛИЗИРОВАННЫХ БОЕПРИПАСОВ

Токсичность взрывчатых материалов, т.е. их отравляющее воздействие на живые организмы, определяется токсичностью исходного сырья, из которого получают ВВ, химическим составом, способом получения ВВ, его физическим состоянием, физической и химической стойкостью. От этих же факторов зависит степень вредного воздействия самих ВВ, их компонентов и продуктов взрывчатого превращения на окружающую природную среду (ОПС), через которую опосредованно возможно влияние на человека и другие живые организмы.

В связи с этим далее кратко рассмотрены токсичность исходного сырья, способы получения ВВ и влияние этих способов на токсичность самих ВВ.

6.1. КЛАССИФИКАЦИЯ ВЗРЫВЧАТЫХ МАТЕРИАЛОВ

По физическому состоянию ВМ могут быть твердыми (монолитными или сыпучими), пластичными и жидкими. *Монолитные твердые ВВ*, примером которых могут служить литой тротил, смеси тротила с гексогеном и алюминием (ТГА), тротила с аммиачной селитрой и алюминием (ТСА) и др., применяются в основном в военном деле. В качестве промышленных ВВ они используются в небольших количествах.

Твердые ВВ используют, как правило, в сыпучем состоянии в виде порошков и гранул. *Сыпучими твердыми ВВ* являются гранулированный тротил (гранулотол), сплав тротила с алюминиевым порошком (алюмотол), аммониты, пороха,

смеси гранулированной аммиачной селитры с нефтепродуктами, дисперсным алюминием или тротилом.

Пластичные ВВ обычно состоят из смеси твердых компонентов с жидкой желатинированной массой и по консистенции напоминают крутое, а в некоторых случаях и жидкое тесто или сметану. К наиболее типичным пластичным ВВ принадлежат ПВВ-4, ПВВ-5А, ПВВ-7 и др.

В горной промышленности применяют пластичные ВВ разной консистенции на водной основе — водосодержащие ВВ. Твердые компоненты таких ВВ в большинстве случаев представлены чешуированным или гранулированным тротилом и аммиачной селитрой. Жидкая часть смеси состоит из насыщенного водного раствора кальциевой, натриевой и аммиачной селитры с добавкой растворимого в воде загустителя. К этой группе ВВ относятся так называемые льющиеся ВВ — акватолы, а также эмульсионные ВВ.

Примером *жидких ВВ* являются нитроглицерин, нитрогликоль и некоторые другие нитроэфиры, которые используются в настоящее время только в качестве компонентов порохов, детонитов и некоторых предохранительных ВВ.

В зависимости от областей применения ВВ разделяют на: *инициирующие, бризантные, пороха* и *пиротехнические составы.*

По химическому составу различают две группы ВВ: индивидуальные химические соединения и механические смеси.

В первую группу входят химические соединения, молекулы которых в определенных условиях способны к распаду с формированием новых, преимущественно газообразных соединений с выделением энергии. К ним относятся:

1. Инициирующие (первичные) ВВ:

а) соли тяжелых металлов гремучей кислоты, например, гремучая ртуть $Hg(ONC)_2$ и гремучее серебро AgONC;

б) производные азотистоводородной кислоты, например, азид свинца $Pb(N_3)_2$, азид серебра AgN_3 и цианурtриазид $C_3N_3(N_3)_3$;

в) соли тяжелых металлов стифниновой и пикриновой кислот, называемые стифнатами и пикратами, например, тринитрорезорцинат (стифнат) свинца $C_6H(NO_2)_3O_2Pb \cdot H_2O$ (сокращенно ТНРС);

г) тетразен $C_2H_8N_{10}O$.

2. Бризантные ВВ, включающие инициирующие (вторичные) ВВ (тетрил, ТЭН, октоген, гексоген) и обычные бризантные (тротил, нитрогликоль, нитроглицерин, пикриновая кислота и др.):

а) нитросоединения ароматического ряда, например, тринитротолуол (тротил) $C_6H_2(NO_2)_3CH_3$, тринитрофенол (пикриновая кислота) $C_6H_2(NO_2)_3OH$, тринитрофенилметилнитрамин (тетрил) $C_6H_2(NO_2)_3NCH_3NO_2$, октоген $C_4N_4H_8(NO_2)_4$, динитробензол $C_6H_4(NO_2)_2$ и др., а также некоторые нитропроизводные аминов, например, триметилентринитрамин (гексоген) $(CH_2NNO_2)_3$, нитрогликоль $C_2H_4(ONO_2)_2$, нитродигликоль $OC_4H_8(ONO_2)_2$;

б) нитраты или эфиры азотной кислоты, например, глицеринтринитрат (нитроглицерин) $C_3H_5(ONO_2)_3$, аммиачная селитра (нитрат аммония) NH_4NO_3, а также нитраты целлюлозы (клетчатки) — пироксилины и коллоксилины, пентаэритриттетранитрат (ТЭН) $C(CH_2ONO_2)_4$ и т.д.

Ко второй группе относятся разнообразные капсюльные составы для капсюлей-детонаторов и капсюлей-воспламенителей (последние представляют собой главным образом механические смеси гремучей ртути, хлората калия и трехсернистой сурьмы), а также смесевые бризантные ВВ. К смесевым принадлежат, по существу, все наиболее типичные промышленные ВВ: аммониты, граммониты, гранулиты, детониты, динамоны и водосодержащие ВВ, оксиливиты — различные порошкообразные органические поглотители, пропитанные жидким кислородом.

В эту же группу входят пороха (в частности, дымный, пушечный пироксилиновый порох, баллиститный, кордитный и порох на нелетучем растворителе) и пиротехнические составы (осветительные, сигнальные, трассирующие, зажигательные и дымовые), представляющие собой механические смеси из окислителей и горючих веществ.

6.2. ТОКСИЧНОСТЬ ИНИЦИИРУЮЩИХ ВВ, ИХ КОМПОНЕНТОВ И ПРОДУКТОВ ВЗРЫВА

Гремучая ртуть является ртутной солью гремучей кислоты HONC. Исходными продуктами для ее получения служат металлическая ртуть, 62 %-я азотная кислота; 96 %-й этиловый спирт, а в случае получения белой гремучей ртути добавляют соляную кислоту, медные стружки или опилки.

Практически все исходные продукты для получения гремучей ртути представляют собой сильнодействующие ядовитые вещества.

Предприятия по производству и переработке ртути, соляной, серной и азотной кислот по санитарной классификации химических производств относятся к первому классу с шириной санитарно-защитной зоны 1000 м, а предприятия-изготовители этилового спирта в зависимости от способа производства с учетом проведения мероприятий по очистке от вредных выбросов в атмосферу — к первому или второму классу с шириной санитарно-защитной зоны соответственно 1000 и 500 м.

Предельно допустимая концентрация (ПДК) в воздухе рабочей зоны производственных помещений составляет (в мг/м^3): для металлической ртути — 0,01, серной кислоты — 1, этилового спирта — 1000. ПДК в атмосферном воздухе населенных мест принята для металлической ртути 0,0003 мг/м^3, а для серной кислоты — 0,1 мг/м^3.

ПДК ртути в воде водоемов санитарно-бытового водопользования составляет 0,005 мг/л.

Мелкодисперсные частицы или пары **азотной кислоты** преимущественно раздражают дыхательные пути. Они представляют опасность для жизни из-за поражения альвеол легких (острый токсический отек легких). Вначале симптомы отравления выражены нерезко — небольшой кашель, стеснение в груди, легкое раздражение слизистых оболочек глаз, головная боль. При выходе на свежий воздух эти явления могут пройти. Грозные признаки отека легких проявляются спустя 6—12 ч: учащение дыхания, одышка, чувство сжатия в области грудной клетки, страх, сильный кашель — вначале с вязкой мокротой, затем мокрота становится пенистой с примесью крови. Лицо синеет, начинается тошнота,

учащается пульс, ослабляется дыхание и сердечная деятельность. Состояние пострадавшего быстро ухудшается.

Иногда отек легких сопровождается острыми расстройствами сердечно-сосудистой деятельности с внезапным наступлением явлений коллапса (серо-пепельнаая бледность, холодный пот, частый слабый пульс, похолодание конечностей и др.).

Первая помощь. Немедленная госпитализация. Даже в удовлетворительном состоянии транспортировать обязательно в лежачем положении.

Перенести пострадавшего в теплое, хорошо проветриваемое помещение или на свежий воздух. Освободить от затрудняющей дыхание одежды; покой, тепло (обложить грелками). Вдыхание кислорода. Дать 2 г сульфадимезина или другого сульфаниламидного препарата, 0,5 г аскорбиновой кислоты, кодеин (0,015 г) или дионин (0,01 г).

При угрожающем отеке легких и расстройствах дыхания и сердечной деятельности применяют вдыхание так называемой противодымной смеси (хлороформа 40 г, 96 %-го этилового спирта 40 г, серного эфира 20 г), к которой добавляют пять капель нашатырного спирта. Накладывают жгуты на конечности. При нарушении или остановке дыхания — искусственное дыхание (допустимы только способы без сжатия грудной клетки: "рот в рот" и "рот в нос"); предварительно проверить проходимость дыхательных путей, осмотрев полость рта и носа и освободив их от слизи.

ПДК в рабочей зоне для азотной кислоты в России установлена 0,15 мг/м^3.

При отравлении парами или пылью **ртути** или **ее соединений** через несколько часов отмечаются общее недомогание, головная боль, металлический вкус во рту, слюнотечение, тошнота, насморк, кашель, боль при глотании, рвота, боли в подложечной области, расстройство желудка. Вскоре на деснах появляется темная кайма сульфида ртути. Характерны покраснение, набухание и кровотечение десен, увеличение и болезненность подчелюстных лимфатических желез, повышение температуры.

При случайном приеме ртути внутрь симптомы отравления сходны, более выражены диспептические расстройства (разлитые или коликообразные боли в животе, частые поносы с кровью).

Первая помощь. Вывести пострадавшего из зоны поражения, полный покой, тепло. Полоскать рот слабым раствором бертолетовой соли, 5 %-м раствором хлорида цинка или 2 %-м раствором танина. Принять цистамин (0,3 г). По возможности раннее введение унитиола (прием 0,5 г; внутримышечно 5 мл 5 %-го раствора). Срочная госпитализация.

При попадании ртути в желудок выпить стакан подкисленной воды (с 20 каплями разведенной соляной кислоты или разведенного столового уксуса или 3—4 г лимонной кислоты) и после этого 100 мл антидота Стржижевского (противоядие при отравлении металлами). Спустя 10 мин выпить 6—8 стаканов подкисленной воды и вызвать рвоту раздражением корня языка. После этого принять 0,5 г унитиола. Давать молоко, взбитый с водой яичный белок, а затем слабительное.

В связи с чрезвычайной вредностью ртути и ее соединений гремучую ртуть в настоящее время не применяют для изготовления промышленных детонаторов.

При попадании **меди и ее соединений** в желудочно-кишечный тракт появляется неприятный металлический и вяжущий привкус во рту, наблюдается усиленное слюноотделение, общая слабость, головная боль, тошнота, рвота (рвотные массы окрашены в зеленый или сине-зеленый цвет), боли в животе, сильная жажда, понос, похолодание конечностей, снижение температуры тела, моча черного цвета, ослабление дыхания и сердечной деятельности, судороги, потеря сознания.

При вдыхании аэрозолей меди и ее оксидов через несколько часов (реже — через 1—3 дня) может наступить приступ лихорадки (резкий озноб, общая слабость, повышение температуры, обильное потоотделение), вздутие и боли в животе, раздражение слизистых оболочек глаз и верхних дыхательных путей.

Первая помощь— 6—8 стаканов воды, лучше — слабого 0,1 %-го раствора желтой кровяной соли или марганцовокислого калия (розовый раствор) и вызвать рвоту механическим раздражением корня языка. Принять взвесь жженой магнезии или активированного угля (столовая ложка на стакан воды), аэрон (1 таблетку). На живот — грелку. Срочная госпитализация.

При лихорадке (от вдыхания аэрозолей) — покой, тепло,

аспирин (0,5 г), белладонна (0,015 г), поливитамины. Врачебное наблюдение.

Гремучая ртуть, как и большинство соединений, содержащих ртуть, ядовита. По токсичности она аналогична ртути. Пыль гремучей ртути вызывает раздражение слизистых оболочек носа, глаз и гортани, а соприкосновение с влажной гремучей ртутью — раздражение кожи и заболевания, напоминающие мокнущую экзему.

Гремучая ртуть негигроскопична. Растворимость ее в воде небольшая (при 12 °С в 100 г воды растворяется 0,01 г гремучей ртути, а при 100 °С — 0,77 г), но и этой растворимости достаточно для заражения воды.

При температуре 15—20 °С гремучая ртуть химически достаточно устойчива. С повышением температуры начинается ее разложение, причем чем выше температура, тем быстрее оно идет. Заметное разложение наблюдается при длительном нагревании уже при 50 °С, а более быстрое, но без взрыва, происходит при 90—95 °С. Токсичность продуктов разложения гремучей ртути может быть такой же, как и исходных продуктов для ее получения.

Азид свинца является свинцовой солью азотистоводородной кислоты HN_3. Исходными продуктами для его получения служат азид натрия NaN_3 и нитрат свинца $Pb(NO_3)_2$.

Азотистоводородная кислота — бесцветная, летучая и ядовитая жидкость, представляющая собой высокочувствительное и достаточно мощное ВВ.

Азид свинца токсичен, как и все соединения этого металла. ПДК свинца и его неорганических соединений в производственных помещениях равна 0,01 мг/м^3, в воде водоемов санитарно-бытового водопользования — 0,1 мг/л, а среднесуточная в атмосферном воздухе населенных мест — 0,0007 мг/м^3.

Практически азид свинца негигроскопичен и очень слабо растворяется в воде. Он разлагается при длительном кипячении в воде, кислотах и щелочах. Под действием углекислого газа, особенно в присутствии влаги, азид свинца постепенно переходит в углекислые соли. Химическая стойкость его высокая. Длительное нагревание при температуре 100 °С он выдерживает без изменения свойств.

Свинец и его неорганические соединения представляют со-

бой яд, действующий на все живое, вызывающий изменения особенно в нервной системе, крови и сосудах. Он активно влияет на синтез белка, энергетический баланс клетки и ее генетический аппарат; подавляет ферментативные процессы превращения порфиринов и инкорпорацию железа в протопорфирин с образованием гема. Дети более чувствительны к свинцу и его соединениям, чем взрослые.

Все соединения свинца действуют в общем сходно; разница в токсичности объясняется в основном неодинаковой растворимостью их в жидкостях организма, в частности в желудочном соке; но и труднорастворимые соединения свинца подвергаются в кишечнике изменениям, в результате чего их растворимость и всасываемость сильно повышаются.

Из всех соединений свинца наибольшей токсичностью (по воздействию на животных) обладает нитрат свинца.

В картине хронического отравления людей соединениями свинца можно выделить следующие основные синдромы.

Изменения нервной системы. Астенический синдром обычно в начальной стадии интоксикации обусловлен функциональным расстройством центральной нервной системы. Жалобы на головную боль, головокружение, повышенную утомляемость, раздражительность, нарушение сна, ухудшение памяти. Энцефалопатии возникают чаще всего остро, иногда подостро, изредка хронические. Симптомы: головные боли, головокружения, эпилептические припадки, эпилептиформные проявления в виде малого припадка, проходящих расстройств речи, зрения, спастических параличей, помрачнения сознания, коматозного состояния. Классическая форма свинцового паралича — двигательный полиневрит с преимущественным поражением разгибателей кисти и пальцев рук. Чувствительная форма полиневрита чаще встречается при скрыто текущих и умеренно выраженных формах интоксикации. Жалобы на боли в конечностях, болезненность при пальпации по ходу нервов, повышенную утомляемость мышц конечностей.

Изменения системы крови. В развитии гематологических сдвигов прослеживается закономерная последовательность. На начальных стадиях интоксикации — ретикулоцитоз и нарастание содержания базафильнозернистых эритроцитов; нередко эти сдвиги сопровождаются анизоцитозом, микроци-

тозом, увеличением объема и толщины эритроцитов, уменьшением сферического индекса. В дальнейшем развивается олигохромная, реже нормохромная анемия — содержание гемоглобина падает.

Обменные и эндокринные нарушения. Свинец нарушает синтез порфиринов и гема на разных его этапах, угнетает ряд ферментов, участвующих в обмене порфиринов, дегидратазу, декарбоксилазу, гемсинтетазу. В результате увеличивается содержание в эритроцитах уропорфирина, копропорфирина, протопорфирина.

Изменения желудочно-кишечного тракта. Изменения в полости рта и желудке проявляются жалобами на неприятный вкус во рту, плохой аппетит, тошноту, изжогу, отрыжку, кратковременные схваткообразные боли в подложечной области.

Изменения сердечно-сосудистой системы. Обнаруживаются снижение вольтажа и деформация зубцов ЭКГ, удлинение электрической систолы желудочков, нарушение внутрипредсердной, предсердно-желудочковой и внутрижелудочковой проводимости, заметные отклонения баллисто- и фонокардиографии. Возможны жалобы на боли в сердце; объективно — аритмия, тахикардия или синусовая брадикардия, глухие тоны, систолический шум на верхушке.

Неотложная терапия. При коликах — атропин, морфин под кожу, внутривенно — сернокислая магнезия с глюкозой, гипосульфат натрия, хлорид кальция. Теплые ванны, тепло на живот. Клизмы (солевая, капельная масляная). Диатермия. Новокаиновая блокада, картизон или АКТГ. При полиневритах — внутривенное вливание новокаина, дибазол.

Стифнат свинца (THPC) является свинцовой солью стифниновой кислоты или тринитрорезорцината $C_6H(NO_2)_3(OH)_2$. Исходными продуктами для получения стифната свинца служат: стифниновая кислота (тринитрорезорцин, представляющий собой бризантное ВВ, несколько сходное по физико-химическим и взрывчатым свойствам с пикриновой кислотой), а также нитрат свинца и бикарбонат натрия.

Стифнат свинца мало гигроскопичен и практически нерастворим в воде и органических растворителях. Химическая стойкость его высокая. При нагревании выше 100 °С он теря-

ет кристаллизационную воду без разложения. Заметное разложение наступает при нагревании до 200 °С. На солнечном свету это ВВ темнеет и разлагается.

Как и все соединения свинца, стифнат свинца токсичен.

6.3. ТОКСИЧНОСТЬ БРИЗАНТНЫХ ВВ И ИХ КОМПОНЕНТОВ

Тротил является продуктом нитрования толуола. Исходными продуктами для получения тротила служат толуол, азотная и серная кислоты.

Токсичность азотной кислоты описана выше. Для получения тротила применяется азотная кислота различной концентрации — в зависимости от стадии обработки толуола. При работе с азотной кислотой в производственных помещениях возможно выделение аммиака и оксидов азота, которые также обладают токсичными свойствами.

Аммиак относится к жидким летучим сильнодействующим ядовитым веществам третьей группы подгруппы А. Производственные помещения и склады аммиака должны иметь ширину санитарно-защитной зоны 500 м. ПДК паров, аэрозолей аммиака в рабочей зоне производственных помещений равна 20 мг/м^3. Чувствительность индикации газов, аэрозолей и паров аммиака по запаху составляет 7 мг/м^3.

Симптомами отравления аммиаком являются сильное раздражение слизистых оболочек глаз и верхних дыхательных путей. Высокие концентрации вызывают ожоги глаз, носовой полости, горла, появляется жгучая боль в горле, сильное слезотечение и чувство рези в глазах; отмечаются состояние сильного возбуждения, бред, резкое расстройство дыхания, падение сердечной деятельности, слабый пульс, похолодание конечностей, тела. В легких случаях отравления — сухость, першение и боль в горле, чихание, кашель, охриплость, в более тяжелых — затрудненное дыхание, сильный кашель, удушье, рвота, потеря голоса, спазм голосовой щели, головокружение, покраснение лица, потливость, слезотечение, отек век. Вдыхание очень высоких концентраций может вызвать мгновенную смерть от рефлекторной остановки дыхания и спазма голосовой щели. При попадании на кожу — ожоги (боль, краснота, образование серозных пузырей).

При случайном приеме внутрь — жжение и боль во рту, пищеводе и желудке, запах аммиака изо рта, сильное слюнотечение, рвота, часто с кровью, нарушение дыхания и кровообращения.

Первая помощь. Свежий воздух. Снять стесняющую одежду. Покой. Дышать над паром, лучше добавить в воду несколько кристаллов лимонной кислоты. Масляные ингаляции (10 %-й раствор ментола в хлороформе). Пить теплое молоко с боржоми или содой, тепло (грелку) на область шеи. Дать кодеин (0,015 г) или дионин (0,01 г). Закапать в нос несколько капель 3 %-го раствора эфедрина или 0,05 %-го раствора нафтизина. При спазме голосовой щели — атропин (подкожно 1 мг 0,1 %-го раствора), эуфиллин (0,20 г), горчичники на шею, горячие ножные ванны.

При нарушении дыхания — незамедлительная госпитализация. До появления врача — механическое возбуждение дыхания (щекотание слизистой оболочки носа, поколачивание по пяткам, по тыльной стороне кистей, растирание кожи). Цититон (0,5—1 мл внутримышечно) или лобелин (1 мл 1 %-го раствора подкожно). По показаниям — сердечные (камфора, кордиамин и др.) и успокаивающие средства (20—30 капель настойки валерианы и др.).

При попадании брызг в глаза — немедленно обильное промывание широко раскрытых глаз водой или 0,5—1 %-м раствором квасцов. При болях закапать 1 %-й раствор новокаина или 0,5 %-й раствор дикаина с адреналином (1 : 1000), затем ввести в глаз стерильное вазелиновое или оливковое масло. Надеть очки-консервы. В последующем до срочной консультации окулиста — закапывать в глаза 30 %-й раствор альбуцида.

При поражении кожи — обмывание чистой водой, примочки из 5 %-го раствора уксусной, лимонной, виннокаменной или соляной кислоты.

При случайном приеме внутрь выпить 8—10 стаканов воды с добавлением к ней 5 %-го раствора уксусной или лимонной кислоты. Вызвать искусственно рвоту, дать две-три столовые ложки растительного масла или кисель, молоко, белковую воду (два-три яичных белка на 0,5 л воды).

Толуол относится к легковоспламеняющимся ядовитым веществам, а **серная кислота** — к едким веществам.

Предприятия, связанные с изготовлением, переработкой серной кислоты и толуола, по санитарной классификации химических производств относятся к первому классу с шириной санитарно-защитной зоны 1000 м. ПДК газов, паров и аэрозолей в воздухе рабочей зоны производственных помещений для серной кислоты составляет, как отмечалось, 1 мг/м^3, а для толуола — 50 мг/м^3.

В атмосферном воздухе населенных мест для серной кислоты приняты следующие ПДК: 0,3 мг/м^3 — максимальная разовая и 0,1 мг/м^3 — среднесуточная; для толуола эти ПДК равны 5 и 1,5 мг/м^3 соответственно. Наименьшая концентрация, при которой ощущается запах толуола, — 2 мг/м^3. ПДК толуола в воде водоемов санитарно-бытового водопользования 0,5 мг/л.

Симптомы отравления толуолом. При вдыхании паров — головная боль, головокружение, учащенное сердцебиение, звон в ушах, слабость, психическое возбуждение, сухость во рту, тошнота, рвота. В более тяжелых случаях — потеря сознания, зрачки расширены, мелкие судорожные подергивания мышц конечностей, сменяющиеся судорогами, ослабление дыхания, нарушение сердечной деятельности. При попадании внутрь через рот — обильная рвота, боли в животе, понос, состояние опьянения. Опасность отравления увеличивается при попадании толуола в дыхательные пути.

Первая помощь. Свежий воздух, покой, тепло, успокаивающие средства (2—4 %-й раствор бромистого натрия, настойка валерианы — 20—30 капель). В тяжелых случаях срочная госпитализация. При резком ослаблении или полной остановке дыхания немедленно применять искусственное дыхание и продолжать без перерывов (часами) до восстановления самостоятельного дыхания. Сердечные средства — кофеин, кордиамин. *Адреналин противопоказан.* При попадании в желудок дать две-три столовые ложки растительного масла. Затем промывание желудка до исчезновения запаха толуола в промывных водах. Не рекомендуется вызывать искусственную рвоту и вводить рвотные средств (опасность попадания рвотных масс в дыхательные пути).

При аспирации толуола дать до прихода врача сульфадимезин или сульфазол (1,0 г) и аскорбиновую кислоту (0,5 г). Тепло, покой.

Симптомы отравления серной и другими концентрированными кислотами. При вдыхании паров кислот — насморк, чиханье, чувство царапанья и жжения в горле, охриплость, загрудинные боли, кашель. При попадании брызг в глаза — резкая боль, слезотечение. При случайном приеме внутрь — ожог слизистой губ, полости рта и пищеварительного тракта: боли во рту, по ходу пищевода, в подложечной области, слюноотделение, рвота со слизью и кровью, специфический запах изо рта и от рвотных масс, отек слизистых оболочек рта, гортани и надгортанника, грозящий удушьем, вздутие живота, понос, ухудшение сердечной деятельности.

Окраска слизистой оболочки рта при ожогах соляной и серной кислотой — бурая, уксусной — белая, азотной — желтая. При попадании на кожу — ожоги различной степени.

Первая помощь. Вывести пострадавшего в теплое проветриваемое помещение или на свежий воздух, освободить от стесняющей одежды. Промыть 2 %-м раствором соды нос, рот, гортань, дать теплого молока с содой. Закапать в нос две-три капли 2 %-го раствора эфедрина, дать кодеин (0,015 г) или дионин (0,01 г).

При ожоге глаз — длительное и обильное промывание их водой, закапывание 1 %-го раствора новокаина или 0,5 %-го раствора дикаина с адреналином (1 : 1000), затем 20—30 %-го раствора альбуцида. Надеть очки-консервы. Лечение у офтальмолога.

При отравлении через рот — смазать слизистую оболочку рта и гортани 2 %-м раствором дикаина. Нельзя механически вызывать рвоту, давать рвотные средства и углекислые щелочи. Необходимо по возможности раннее и обильное промывание желудка водой. Внутрь — взвесь жженой магнезии (столовая ложка на стакан воды) по столовой ложке каждые 5 мин, яичный белок, молоко, крахмальный клейстер, кусочки сливочного несоленого масла, мелкие кусочки льда. Пузырь со льдом на область живота. Немедленная госпитализация.

При попадании на кожу — обильное промывание водой, наложение повязки с 2—3 %-м раствором соды, риванолом (1 : 1000) или фурацилином (1 : 5000). При ожогах II—III степени применяют повязки со стрептоцидной или синтомициновой эмульсией. Врачебное наблюдение.

Оксиды азота, которые могут выделяться при производстве и взрыве ВВ, относятся к классу ядовитых веществ. Симптомы отравления и первая помощь пострадавшим аналогичны таковым при отравлении парами азотной кислоты.

Производства, связанные с выделением оксидов азота, относятся к первому классу по санитарной классификации с шириной санитарно-защитной зоны 1000 м. ПДК оксидов азота в рабочей зоне производственных помещений принята 5 мг/м^3, в атмосферном воздухе населенных пунктов максимальная разовая — 0,3 мг/м^3, среднесуточная — 0,1 мг/м^3.

Таким образом, вещества, применяемые при производстве тротила, практически все ядовиты. Соответственно и тротил, хоть и в меньшей степени, токсичен. По степени вредного воздействия на организм человека он относится ко второму классу (вещество высокоопасное) по ГОСТ 12.1.007—76. Вредное воздействие на организм человека проявляется при нарушении целостности заряда и прямом контакте с ВВ.

В организм человека **тротил** может попасть в виде пыли и паров через органы дыхания, кожу и пищеварительный тракт, вызывая острые и хронические отравления. Он воздействует на печень, кровь, нервную систему. При длительном воздействии возникает профессиональная катаракта. К местному воздействию тротила на организм человека относится раздражение слизистых оболочек и верхних дыхательных путей. Тротил может вызывать экземы, эритемиты и дерматиты.

В связи с этим необходимо предотвращать попадание тротила на открытые участки кожи, глаза, слизистые оболочки, в органы дыхания и пищеварения, применяя спецодежду и средства индивидуальной защиты согласно типовым отраслевым нормам, а также соблюдать правила личной гигиены. При попадании пыли ВВ в глаза или на кожу необходимо смыть ее большим количеством воды. При раздражении дыхательных путей рекомендуется полоскание горла 2—3 %-м раствором пищевой соды.

ПДК максимальная разовая пыли тротила (ГОСТ 12.1.005—88) в воздухе рабочей зоны составляет 0,5 мг/м^3, среднесменная — 0,1 мг/м^3. При производстве тротила и переработке тротилсодержащих ВВ утилизируемых боеприпасов вредное воздействие на организм человека оказывают:

оксиды азота (в пересчете на NO_2) и пары азотной кислоты на кровь и протоплазму (ПДК 5 мг/м^3); пары толуола на кровь, органы дыхания, нервные клетки (ПДК 50 мг/м^3); пары серной кислоты (SO_3 из олеума) на слизистые оболочки (ПДК 1 мг/м^3); пыль тротила. Кроме того, использующиеся кислоты, а также промывная вода вызывают ожоги кожи.

Тротил мало гигроскопичен, практически нерастворим в холодной воде, а в горячей при 100 °С растворимость его достигает 0,15 %; хорошо растворяется в спирте, бензоле, толуоле, ацетоне и других подобных растворителях. Растворимость в серной и азотной кислотах возрастает с увеличением их концентрации и температуры. Азотная кислота при длительном нагревании окисляет это ВВ. Тротил реагирует со щелочами, образуя взрывчатые соединения. Аммиак в присутствии влаги действует на тротил, при этом в первый период реакции формируются очень чувствительные к механическим и тепловым воздействиям ВВ.

Под действием солнечного света тротил буреет, но образовавшийся поверхностный слой продуктов превращения защищает от распространения реакции в глубь вещества.

Химическая стойкость тротила высокая. Длительное нагревание при температурах до 130 °С мало изменяет его химический состав. Заметное разложение происходит лишь при температурах выше 150 °С. Для повышения энергии взрыва и работоспособности в тротил вводят 15—20 % алюминиевого порошка. Получаемое ВВ называют алюмотол. По токсичным свойствам оно аналогично тротилу.

Алюминий в состав порошкообразных, гранулированных ВВ вводят в виде мелкодисперсного порошка. Попадание его в организм человека возможно на стадии производства ВВ или при его применении, в результате неполной детонации совместно с другими продуктами детонации, а также в процессе утилизации ВВ, извлекаемого из боеприпаса.

Общий характер действия алюминиевого порошка на организм человека заключается, с одной стороны, в механическом раздражении легочной ткани, а с другой — в осаждении белков и образовании необратимых белковых соединений в виде волокнистых субстанций без признаков воспаления.

При вдыхании пыли алюминия поражаются главным образом легкие. Заболевание называется алюминозом легких.

Описаны тяжелые заболевания у рабочих, занятых на производстве пиротехнической алюминиевой пудры, при концентрации 4 – 50 мг/м^3. После года работы отмечены похудание, сильная утомляемость, одышка, кашель, сухие и влажные хрипы в легких, при рентгенологическом исследовании обнаружены значительные затемнения в легких. Заболевание прогрессировало и после прекращения работы. Легочные изменения наблюдались у 25 – 50 % обследованных. На производстве пиротехнической пудры было немало спонтанных пневмотораксовых и смертельных случаев. Легочный фиброз может сопровождаться неврологическими расстройствами.

После попадания частиц алюминия в глаза наблюдаются очаговые омертвления, изменения пигментации роговицы, изменения капсулы хрусталика, помутнение стекловидного тела. Пыль алюминия раздражает слизистые глаз, носа, рта и др.

ПДК алюминия и его сплавов в воздухе рабочей зоны 2 мг/м^3.

Пикриновая кислота может быть получена двумя способами: из *фенола* нитрованием или из *бензола* хлорированием через динитрохлорбензол. Исходными продуктами для получения пикриновой кислоты первым способом являются фенол, олеум и азотная кислота.

Токсичность **бензола** аналогична таковой бензина и толуола.

Фенол C_6H_5OH представляет собой кристаллическое вещество со специфическим запахом. Он ядовит. ПДК фенола в производственных помещениях 5 мг/м^3, в атмосферном воздухе населенных мест — 0,01 мг/м^3, а в воде водоемов санитарно-бытового водопользования — 0,001 мг/л.

При попадании в организм человека фенол вызывает сильное раздражение и ожог слизистых оболочек и кожных покровов, поражает нервную систему. Особенно опасно попадание 70 – 80 %-го раствора на кожу. В легких случаях отравления наблюдаются головокружение, тяжесть в голове, общее недомогание, слабость, шум в ушах, потливость, повышенное слюноотделение, учащение пульса и дыхания. При тяжелом отравлении быстро наступает потеря сознания, появляются судороги. Следствия случайного приема внутрь — ожоги губ, слизистой оболочки рта и пищеварительного тракта (слизи-

стая оболочка рта имеет белый цвет), боль во рту, глотке, животе, рвота (бурые массы с характерным запахом), обморок.

Первая помощь. При смачивании одежды фенолом — немедленно удалить пострадавшего с работы даже при кажущемся хорошем состоянии и сменить одежду. Протереть пораженные места этиловым спиртом (10—40 %-й) или растительным маслом. Обмыть все тело теплой водой с мылом.

При более тяжелом состоянии — покой, согревание, ингаляция кислородом, сердечные средства. При отравлении через рот дать пять-семь стаканов теплой воды, взвеси жженой магнезии или активированного угля (1 : 10) и вызвать рвоту (принять 0,5 г сульфата меди или механически раздражать корень языка). После этого выпить две-три столовые ложки растительного масла, яичный белок или стакан молока, давать слизистые отвары, глотать кусочки льда. Пузырь со льдом на область живота. Срочная госпитализация.

При ожоге кожи — обильное промывание 40 %-м раствором этилового спирта, повязка со стрептоцидной или синтомициновой эмульсией. Врачебное наблюдение.

Производство пикриновой кислоты относится к первому классу по санитарной классификации химических производств с шириной санитарно-защитной зоны 1000 м.

Пикриновая кислота мало гигроскопична, растворима в воде с окрашиванием раствора в желтый цвет. В 100 частях воды при 20 °С растворяется 1,2 части пикриновой кислоты, а при 100 °С — 9,14 частей. Хорошо растворяют ее этиловый спирт и бензол. С металлами, за исключением олова, пикриновая кислота взаимодействует, образуя соли — пикраты.

Пикриновая кислота — химически стойкое ВВ, хорошо выдерживает длительное нагревание и плавится без разложения. Ее молекулы содержат нитрогруппу NO_2, и, как все вещества, содержащие жидкие нитроэфиры, она ядовита.

При производстве бризантных взрывчатых веществ и порохов применяются **нитрогликоль** (этиленгликольдинитрат) $O_2NOCH_2CH_2NO_2$ и **нитроглицерин** $O_2NOCH_2\ (CH_2NO_2)_2$.

Токсическое действие нитрогликоля проявляется на сердечно-сосудистой системе. При остром отравлении возникают головная боль, гипотония, тахикардия, тошнота, рвота.

Описаны десятки случаев внезапной смерти сравнительно молодых и здоровых рабочих, длительно соприкасавшихся с нитрогликолем и нитроглицерином в производстве ВВ. Нитрогликоль более летуч, чем нитроглицерин, и быстрее всасывается через кожу, поэтому считают, что ему принадлежит главная роль в случаях отравления. Гибель обычно наступала через 30 — 60 ч после прекращения работы при явлениях стенокардии и острой сердечной недостаточности.

Всасывание через кожу способствует развитию отравления нитрогликолем и даже является его главной причиной.

ПДК нитрогликоля не установлена. Вероятно, она должна быть такой же, как и для нитроглицерина, хотя нитрогликоль несколько токсичнее последнего. Рекомендуется 3 мг/м^3.

Токсическое действие нитроглицерина аналогично. Он вызывает расслабление гладкой мускулатуры, особенно гладких мышц мелких кровеносных сосудов, вредно действует на нервную систему человека.

У людей при остром отравлении отмечаются головные боли, покраснение лица, жжение в горле и желудке, головокружение. У рабочих, постоянно имеющих дело с нитроглицерином, наиболее типичны упорные пульсирующие головные боли. Причина их — расширение сосудов головного мозга и снижение давления спинномозговой жидкости. Кровяное давление во время работы с нитроглицерином понижено, но после работы быстро приходит в норму.

ПДК нитроглицерина в России не установлена. В США принята 2 мг/м^3. При приеме внутрь доза 100 — 125 мг на 1 кг массы тела для человека смертельна.

Сильное отравление организма происходит при попадании нитроглицерина на кожу. Работа с нитроглицерином незащищенными руками вызывает мучительную головную боль. Однако через 2 — 5 сут при постоянной работе с нитроглицерином в зависимости от индивидуальных особенностей организм человека вырабатывает иммунитет к его воздействию через кожу, и головные боли прекращаются. Вместе с тем постоянная работа с нитроглицерином и нитроглицериновыми ВВ обусловливает некоторые другие физиологические изменения и, в частности, может вызвать понижение кровяного давления. Основными компонентами, приводящими к отравлению организма, являются жидкие нитроэфиры, содер-

жащиеся в нитроглицерине, нитрогликоле и других нитроглицериновых ВВ, которые способны проникать в организм человека при соприкосновении с ними незащищенными руками.

Пентаэритриттетранитрат (ТЭН) принадлежит к группе эфиров азотной кислоты, т.е. нитратов. Он нерастворим в воде; плохо растворяется в спирте. При нагревании до 100 °С и выше в жидком состоянии (в растворе или расплаве) разлагается с большой скоростью.

Токсическое действие ТЭНа сходно с действием нитроглицерина, но значительно слабее. Слабо всасывается через кожу, не вызывая ее раздражения или сенсибилизации.

Гексоген — продукт нитрования уротропина. Исходными продуктами для получения гексогена являются: уротропин (гексаметилентетрамин) $(CH_2)_6N_4$ и 94—96 %-я азотная кислота.

Уротропин применяется в медицине как лекарство при почечных заболеваниях и гриппе.

Химическая стойкость гексогена высокая. Он негигроскопичен и практически нерастворим в воде, плохо растворяется в спирте, хорошо — в ацетоне. С металлами не взаимодействует.

Температура плавления чистого гексогена 203 °С, технического 201 °С. Плавится он с разложением. В боеприпасах чаще применяется флегматизированный гексоген, который имеет добавки алюминиевой пудры (А-IX-1; А-IX-2).

Токсичность флегматизированного гексогена обусловлена токсичностью компонентов, входящих в его рецептуру. При работе с ним следует применять индивидуальные средства защиты от попадания пыли на кожные покровы, слизистые оболочки и проникновения ее в органы дыхания и пищеварения (респиратор, спецодежда), а также соблюдать правила личной гигиены.

ПДК пыли и аэрозолей гексогена в производственных помещениях 1 мг/м^3, в воде — 0,1 мг/л.

Аммиачно-селитренные ВВ. К ним относятся аммониты (взрывчатые смеси аммиачной селитры NH_4NO_3 с нитросоединениями — тротилом, гексогеном и др.), аммоналы (аммониты с добавками алюминиевого порошка), динамоны (смеси аммиачной селитры с горючими невзрывчатыми

добавками), игданиты (смеси гранулированной аммиачной селитры с соляровым маслом) и гранулиты (смесь игданита с алюминиевой пудрой, порошком каменного угля, древесной мукой или другой твердой горючей добавкой).

Практически все аммиачно-селитренные ВВ в качестве основного компонента содержат аммиачную селитру. Ее получают взаимодействием аммиака и азотной кислоты, физиологическое действие которых на организм человека рассмотрено выше.

Токсическое действие аммиачной селитры сходно с действием аммиака. Кроме того, иногда у работающих с ней длительное время возникают хронический гастрит, холецистит и гепатохолецистит. Она оказывает раздражающее действие на кожу, что выражается в сильном зуде, покраснении фолликулов, лишаевидном утолщении кожи и покраснении ее на тыльной стороне кистей и предплечьях. Попадая в мелкие ранки или трещины, вызывает в них жгучую боль.

Анализ составов аммиачно-селитренных ВВ показывает, что практически все компоненты обладают токсическими действиями на человека. Аммиачно-селитренные ВВ, представляющие собой механические смеси различных токсичных ВВ, сами токсичны. При обращении с ними необходимо защищать органы дыхания, слизистые оболочки и кожу от пыли.

6.4. ТОКСИЧНОСТЬ ПОРОХОВ

Дымные пороха представляют собой механические смеси селитры (чаще калиевой), угля и серы. Токсичность их определяется токсичностью компонентов. **Калиевая селитра** (нитрат калия) вызывает у рабочих, непрерывно работающих с ней без средств защиты, появление болезненных при надавливании утолщений кожи, которые даже после прекращения работы через длительный промежуток времени могут перейти в раковые опухоли. Способность нитратов восстанавливаться в организме в нитриты часто приводит к образованию метгемоглобина. При употреблении в пищу воды, содержащей 50 — 160 мг/л нитратов, резко увеличивается число лиц с повышенным содержанием метгемоглобина в крови. Особенно страдают дети. В производстве дымного пороха у ра-

бочих наблюдались изъязвления слизистой носа и даже прободение носовой перегородки уже через несколько месяцев работы. В связи с этим необходимо защищать органы дыхания и кожу.

Токсическое действие пыли **серы** весьма слабое; острые отравления исключены. При концентрации пыли серы выше 4 – 5 мг/м^3 у рабочих появляются жалобы на жжение в глазах, слезотечение и светобоязнь; отмечаются быстрая утомляемость, повышенная раздражительность, головные боли, головокружения, повышенная потливость, плохой сон, болевые и неприятные ощущения в области сердца и диспептические явления. Объективно – покраснение конъюнктивы, иногда ее изъязвления; функциональные заболевания нервной системы по типу вегетативных и вегетативно-сосудистых нарушений; артериальная гипотония; понижение уровня глуатиона в крови, лейкоцитоз и моноцитоз. Отмечена повышенная заболеваемость острым катаром верхних дыхательных путей, ангиной, хроническим бронхитом, а также гастритом, язвенной болезнью желудка и двенадцатиперстной кишки, энтероколитом. Попадание серы на кожу изредка вызывает экзему.

ПДК в воздухе производственных помещений 2 мг/м^3.

В качестве индивидуальных средств защиты применяются респираторы, перчатки, спецодежда. Обязательное мытье в душе после работы.

Бездымные пороха коллоидного типа готовятся на основе нитратов целлюлозы (пироксилин, коллоксилин) и нитратов многоатомных спиртов (нитроглицерин, нитродигликоль) с различным содержанием азота, превращенных в уплотненное пластифицированное состояние путем воздействия растворителей (пластификаторов) и давления.

Кроме того, пороха коллоидного типа содержат еще стабилизатор, а большинство порохов – и ряд других примесей.

Нитратами целлюлозы называют продукты, получаемые в результате химического взаимодействия целлюлозы с кислотами – азотной и серной (смесь). Эти нитраты обладают меньшей химической стойкостью, чем многие бризантные и инициирующие ВВ. Их химическая стойкость зависит от ряда факторов, основными из которых являются:

степень нитрования целлюлозы (содержание азота);

условия хранения (свет, температура, влажность);
наличие примесей (кислоты, щелочи, соли и т.д.).

С увеличением содержания азота химическая стойкость нитратов целлюлозы понижается. Солнечный свет и ультрафиолетовые лучи, действуя на нитраты целлюлозы продолжительное время, разлагают их, особенно в присутствии влаги. Даже при обычных температурах (15 – 20 °С) нитраты целлюлозы медленно разлагаются. При этом выделяется оксид азота NO, который на воздухе окисляется в диоксид азота NO_2, а последний, соединяясь во влажной атмосфере с водой, образует азотную и азотистую кислоты. В присутствии этих кислот процесс разложения нитрата целлюлозы ускоряется.

Физиологическое действие нитроглицерина и нитродигликоля рассмотрено выше.

Таким образом, при производстве, хранении, переработке и применении коллоидных порохов возможно отравление персонала и заражение ОПС кислотами.

6.5. ТОКСИЧНОСТЬ ПИРОТЕХНИЧЕСКИХ СОСТАВОВ

Применяемые пиротехнические составы разделяют на две группы: хлоратные и нитратные.

Основой хлоратных составов является двойная смесь хлората калия $KClO_3$ с горючим (смола, углеводы).

Эта смесь дает интенсивное горение с образованием белого пламени, которое можно окрашивать в тот или иной цвет, добавляя к ней соответствующую соль. В качестве добавок применяют соли натрия Na_2CO_3, $Na_2C_2O_4$, бария $Ba(ClO_3)_2$, стронция $SrCO_3$, SrC_2O_4, $Sr(NO_3)_2$, меди CuCNS.

Основными компонентами сигнальных составов на основе нитратов являются: $Sr(NO_3)_2$ + магний + флегматизатор, $Ba(NO_3)_2$ + магний + флегматизатор.

Хлорат калия по токсическому действию представляет собой кровяной яд: переводит гемоглобин в метгемоглобин и вызывает распад эритроцитов.

Острые отравления возможны в исключительных случаях – при вдыхании и заглатывании больших количеств пыли или при случайном приеме внутрь. Картина отравления: желтуха, рвота желчью, острые желудочно-кишечные расстройства; белок, гемоглобин и метгемоглобин в моче; кожные вы-

сыпи и лихорадка. Часто судороги и бред перед смертью, наступающей как из-за острой асфиксии, так и вследствие полной задержки мочи, приводящей к уремии. Токсичны уже дозы менее 1 г на 1 кг массы тела, а доза 10 г/кг вызывает смерть.

При работе людей с **карбонатом натрия** иногда наблюдаются изъязвления слизистой носа. Вдыхание пыли может вызвать раздражение дыхательных путей, конъюнктивит. При концентрации в воздухе 4,9 – 184 мг/м^3 фиксируется повышенная заболеваемость органов дыхания. ПДК для Na_2CO_3 составляет 2 мг/м^3.

Соли бария при содержании аэрозоля в воздухе рабочей зоны 12 – 276 мг/м^3 вызывают у персонала при отсутствии индивидуальных средств защиты раздражение верхних дыхательных путей, глаз и кожи. ПДК для солей бария в воздухе рабочих помещений ($ПДК_{рз}$) 0,5 мг/м^3.

Токсическое действие **солей стронция** сходно с действием солей бария, но при приеме через рот соли стронция малотоксичны. Основные нарушения отмечаются со стороны минерального обмена. Вдыхание пыли $Sr(NO_3)_2$ приводит к нарушению функций печени. $ПДК_{рз}$ для солей стронция 1 мг/м^3.

Из приведенных выше данных следует, что все основные компоненты пиротехнических составов ядовиты. При обращении с ними (изготовлении, переработке) требуется применять средства́ индивидуальной защиты и соблюдать меры личной гигиены.

6.6. ТОКСИЧНОСТЬ ПРОДУКТОВ ВЗРЫВА

Большинство ВВ представляют собой органические вещества, состоящие из элементов углерода, водорода, кислорода и азота. В результате взрыва ВВ образуются устойчивые продукты, в основном CO, CO_2, H_2O, N_2, O_2 и C в различных соотношениях и в очень небольших количествах CH_4, NH_3, C_2H_2, C_2N_2, HCN.

Наличие и соотношение перечисленных продуктов взрыва (ПВ) зависят от количества в ВВ кислорода и элементов (C и H), которые могут окисляться за счет него. С этой точки зрения ВВ делятся на три группы:

1) с количеством кислорода, достаточным для полного

окисления горючих элементов (например, нитроглицерин);

2) с количеством кислорода, недостаточным для полного окисления горючих элементов, но достаточным для полного превращения их в газы (например, ТЭН и гексоген);

3) с количеством кислорода, недостаточным для полного превращения горючих элементов в газы (например, тротил).

Состав продуктов взрыва порохов и других ВВ в значительной мере определяется их кислородным балансом.

Кислородным балансом называют избыток или недостаток кислорода в веществе по сравнению с количеством, необходимым для полного окисления содержащихся в нем углерода, водорода и других способных к окислению при взрыве элементов (например, алюминия).

В соответствии с этим определением различают ВВ с положительным, нулевым или отрицательным кислородным балансом.

Такое деление на группы условно, так как при взрыве ВВ, относящихся к первой группе, образуются в небольших количествах продукты неполного окисления (CO и H_2) и свободный кислород, а в продуктах взрыва ВВ второй группы содержится и некоторое количество свободного углерода.

Имеются также ВВ, совсем не содержащие кислорода (например, азид свинца). При написании ориентировочных реакций взрыва бризантных ВВ пренебрегают такими образующимися в небольших количествах веществами, как многоатомные (CH_4, NH_3) и эндотермические (NO, C_2H_2, C_2N_2 и др.) соединения. Считают, что продуктами взрыва являются только простые соединения — CO, CO_2, H_2O, а также свободные H_2, O_2 и C.

Для ВВ, принадлежащих к первой группе, предполагают, что в результате взрыва возникают лишь продукты полного сгорания — CO_2, H_2O, что отвечает правилу наибольшего выделения теплоты в процессе реакции. Исходя из этого, реакцию взрывчатого превращения нитроглицерина можно представить в следующем виде:

$$2C_3H_5(ONO_2)_3 \stackrel{\rightarrow}{=} 6CO_2 + 5H_2O + 0{,}5O_2 + 3N_2.$$

Для написания ориентировочных реакций взрывчатого превращения ВВ, относящихся ко второй группе, пользуются следующим приемом: считают, что кислород, входящий в

состав молекул ВВ, сначала окисляет весь водород в воду и углерод в оксид углерода, а затем оставшаяся часть кислорода реагирует с образовавшимся оксидом углерода, результатом чего является формирование воды, углекислого газа, оксида углерода и выделение свободного азота.

Пользуясь этим правилом, уравнение взрывчатого превращения ТЭНа можно написать в следующем виде:

$$C(CH_2ONO_2)_4 \rightleftharpoons 5CO + 4H_2O + 2N_2 + 1{,}5O_2 \rightleftharpoons$$

$$\rightleftharpoons 3CO_2 + 2CO + 4H_2O + 2N_2.$$

Для ВВ третьей группы ориентировочное уравнение реакции пишут исходя из расчета, по которому кислород этих ВВ сначала окисляет водород в воду, затем оставшаяся часть кислорода реагирует с углеродом, образуя оксид углерода, а неокислившаяся часть углерода выделяется свободной.

Например, для тротила реакция взрывчатого превращения пишется так:

$$C_6H_2(NO_2)_3CH_3 \rightleftharpoons 7C + 2{,}5H_2O + 1{,}5N_2 + 1{,}75O_2 \rightleftharpoons$$

$$\rightleftharpoons 3{,}5CO + 2{,}5H_2O + 1{,}5N_2 + 3{,}5C.$$

При практическом применении в зависимости от типа ВВ, условий их использования и других факторов в продуктах детонации (ПД) присутствуют и другие вещества, например, оксиды азота NO, NO_2, N_2O_3, пары свинца, ртути и т.д.

Основной причиной их образования является отклонение кислородного баланса от нулевого: при отрицательном кислородном балансе возникает больше оксида углерода CO, при положительном — оксида азота NO. Количество оксидов углерода повышается также за счет горючих оболочек зарядов (бумага, пропитанная парафином, мешковина, крепежные веревки и др.), которые при взрыве, воспламеняясь и взаимодействуя с продуктами взрыва из-за недостатка кислорода, образуют оксид.

Формирующиеся при взрыве оксиды углерода, азота, пары ртути и свинца представляют собой ядовитые вещества.

Вторая причина появления ядовитых газов — неполнота взрывчатых превращений и незавершенность реакций. Эта причина особенно характерна для смесевых ВВ. Процесс их

взрыва протекает в две стадии: первичного распада компонентов (их газификация) и вторичных реакций взаимодействия продуктов распада между собой. Полнота вторичных реакций зависит от температуры и скорости смешивания продуктов первичного распада. Если происходит их быстрое охлаждение (например, в результате контакта с выбрасываемой породой, быстрого расширения при взрыве в воздухе) или задержка смешения (например, из-за крупных, медленно распадающихся частиц компонентов ВВ), то в ПВ сохраняются ядовитые газы от первичного распада — оксиды азота, углерода и др. При полном завершении вторичных реакций (например, при взрыве в массиве заряда с достаточной и хорошо выполненной забойкой, препятствующей преждевременному расширению и охлаждению ПВ) образуется некоторое, хотя и меньшее, количество ядовитого оксида углерода и оксидов азота в результате равновесных реакций диссоциации углекислого газа CO_2 и окисления азота.

Ядовитые газы могут возникать также в результате химического взаимодействия ПВ с окружающей природной средой, в результате чего углекислый газ CO_2 может быть восстановлен до ядовитого оксида углерода CO. При взрыве в массивах, содержащих серу, могут формироваться ядовитые оксиды серы и сероводород. Капсюли-детонаторы и электродетонаторы в зависимости от состава инициирующего ВВ при взрыве образуют пары ртути или свинца.

Токсические воздействия оксида азота, паров ртути и свинца рассмотрены выше.

Оксид углерода (угарный газ) встречается везде, где существуют условия для неполного сгорания веществ, содержащих углерод. Газы, образующиеся при взрыве черного пороха, содержат 3—9 % CO, при взрыве тринитротолуола — 57 %, мелинита — 61 %, пикриновой кислоты — 61 % CO.

Физиологическое действие оксида углерода. Оксид углерода вытесняет кислород (O_2) из оксигемоглобина (HbO) крови, образуя карбоксигемоглобин (COHb), содержание O_2 может снижаться с 18—20 до 8 % (аноксемия), а разница между содержанием HbO в артериальной и венозной крови уменьшается с 6—7 до 2—4 %. Способность вытеснять O_2 из соединений с гемоглобином объясняется гораздо более высоким

сродством последнего к CO, чем к O_2. Кроме того, в присутствии CO в крови ухудшается способность HbO к диссоциации, и отдача O_2 тканям происходит только при очень низком парциальном давлении его в тканевой среде. При остром отравлении в соответствии с концентрацией CO и O_2 во вдыхаемом воздухе через некоторое время в крови устанавливается равновесие: определенная часть Hb оказывается связанной с CO, остальная — с O_2. Равновесие между концентрацией CO в крови и в воздухе достигается в течение довольно длительного времени, но тем раньше, чем больше минутный объем дыхания. Когда содержание CO во вдыхаемом воздухе и в растворе в жидкой части крови уменьшается, начинается распад COHb и обратное выделение CO через легкие. Оксид углерода способен оказывать непосредственное токсическое действие на клетки, нарушая тканевое дыхание и уменьшая потребление тканями O_2.

Индивидуальные различия чувствительности к острым и хроническим отравлениям CO довольно велики. Особо чувствительны молодые люди и беременные женщины. Тяжело переносят отравление также алкоголики, курящие, лица, страдающие бронхитом и астмой, пневмокониозом и другими болезнями легких, сердечными заболеваниями, нарушениями кровообращения, неврастенией, анемией, диабетом, заболеваниями печени.

Понижение и повышение температуры воздуха, уменьшение парциального давления O_2, повышенная физическая нагрузка, шум, вибрация усиливают токсическое действие CO.

При вдыхании человеком небольших концентраций (до 1 мг/л) ощущаются тяжесть и сдавливание головы, сильная боль в области лба и висков, головокружение, шум в ушах, покраснение и жжение кожи лица, дрожь, чувство слабости и страха, жажда, учащенный пульс, пульсация височных артерий, тошнота, рвота. В дальнейшем при сохранении сознания появляются оцепенелость, слабость и безучастность (или даже ощущение приятной истомы), из-за которых человек не может выйти из опасной зоны; затем нарастают сонливость и оцепенение или же отмечается спутанность сознания и опьянение; может повышаться температура тела до 38 — 40 °C.

Больше всего при отравлении CO страдает центральная нервная система. По мере развития аноксемии человек посте-

пенно теряет способность рассуждать. Затем нарушается функция мозжечка и утрачивается координация движений.

Токсические концентрации и симптомы при отравлении людей угарным газом приведены в табл. 6.1.

Таблица 6.1

Токсические концентрации и симптомы при отравлении людей CO

Концентрация CO, мг/л	Длительность воздействия	Содержание COHb, %	Симптомы отравления
0,006	25 мин	–	Снижение цветовой и световой чувствительности глаз
0,031	3 ч	–	Снижение точности зрительного восприятия пространства и ночного зрения
0,05 – 0,06	2 ч	–	Снижение слуха. Изменения ЭКГ
0,08 – 0,11	3,5 – 5 ч	7 – 8	Снижение скорости зрительного восприятия, ухудшение выполнения психологических и психомоторных тестов, координации мелких точных движений и аналитического мышления
0,22	2 – 3 ч	–	Легкая боль в области лба
0,23	6 ч	16 – 20	Боль в области лба, ощущение давления на лоб, быстро исчезающие на свежем воздухе; расширение кожных кровеносных сосудов; снижение физической работоспособности
0,23 – 0,34	5 – 6 ч	23 – 30	Головная боль, ощущение пульсации в висках, головокружение
0,34	4 ч	22 – 24	То же
	5 ч	26 – 27	"
0,44 – 0,46	1 ч	15 – 19	Боли в области лба и затылка
	2 – 3 ч	21 – 28	То же
0,46 – 0,69	4 – 5 ч	36 – 40	Сильная головная боль, слабость, головокружение, туман перед глазами, тошнота и рвота, коллапс
0,8 – 1	20 – 30 мин	–	Головная боль, общая мышечная слабость, тошнота; потери трудоспособности не было
0,88	45 мин	–	Головная боль, головокружение, тошнота
	2 ч	–	Потеря сознания; коллапс
0,8 – 1,15	3 – 4 ч	47 – 53	Сильная головная боль, слабость, головокружение, туман перед глазами, тошнота, рвота, учащение пульса, коллапс
1,35	33 мин – 1,5 ч	–	Сердцебиение, легкое пошатывание, одышка при легкой мышечной работе, расстройства зрения и слуха
	2 ч	–	Пульсирующая головная боль, спутанность в мыслях, коллапс

Продолжение табл. 6.1

Концентрация CO, мг/л	Длительность воздействия	Содержание COHb, %	Симптомы отравления
1,26–1,72	1,5 – 3 ч	55 – 60	Учащение дыхания и пульса; кома, прерываемая судорогами; чейнстоксово дыхание
1,76	20 мин	–	Головная боль, головокружение, тошнота
	2 ч	–	Потеря сознания, коллапс
1,8 – 2,3	1 – 1,5 ч	61 – 64	То же. Ослабление дыхания и сердечной деятельности. Может наступить смерть
2,3 – 3,4	30 – 45 мин	64 – 68	То же
3,52	5 – 10 мин	–	Головная боль, головокружение
	30 мин	–	Рвота, потеря сознания
3,4 – 5,7	20 – 30 мин	68 – 73	Слабый пульс, замедление и остановка дыхания. Смерть
5,7 – 11,5	2 – 5 мин	73 – 76	То же
7,04	1 – 2 мин	–	Головная боль, головокружение
	10 – 15 мин	–	Потеря сознания, рвота
14,08	1 – 3 мин	–	Потеря сознания, рвота, смерть

При хронических отравлениях наблюдаются более тяжелые заболевания сердечно-сосудистой системы, чем при острых, особенно у лиц, занимающихся физическим трудом. Поражения сердца обычно выявляются через 1 – 1,5 года после отравления, иногда уже после прекращения контакта с CO.

Возможны изменения функций щитовидной железы, ослабление деятельности коры надпочечников. У мужчин часто ослабевает половая функция. У женщин в отдельных случаях расстраиваются менструации, снижается половое влечение, преждевременно прерывается беременность.

Первая помощь. Пострадавшего следует скорее вынести в лежачем положении (даже если он может передвигаться сам) на свежий воздух или прекратить дальнейшее поступление CO в организм (надеть кислородный респиратор). Освободить от стесняющей дыхание одежды. Придать телу удобное положение. Покой. Остерегаться охлаждения. Согревание. Главное — как можно более раннее и длительное вдыхание кислорода, вытесняющего CO из соединения с Hb. Первые 3 ч высокие концентрации кислорода (75 – 80 %), затем переход на концентрации 40 – 50 %.

При тяжелых отравлениях эффективна неотложная гипербарическая оксигенотерапия в течение 40 – 90 мин при общем давлении 0,3 МПа, при необходимости ее повторяют. В первые часы — внутривенное введение хромосмона (10 – 50 мл),

5 %-го раствора аскорбиновой кислоты (20 мл), 2 %-го раствора новокаина (медленно по 10—20 мл в течение 10—15 мин), 5 %-го раствора пиридоксина (1—2 мл). Показана операция замещения 4—5 л крови.

При остановке дыхания и отсутствии пульса (одновременно) — ритмичный массаж области сердца.

Все мероприятия по оказанию неотложной помощи проводить до восстановления нормального дыхания и кровообращения или до появления признаков смерти (трупные пятна, окоченение). Отравления тяжелой и средней степени лечат в стационаре.

ПДК CO в воздухе рабочей зоны — 20 мг/м^3. При длительности работы не более 1 ч допустимая концентрация CO может быть повышена до 50 мг/м^3, в течение 30 мин — до 100 мг/м^3, не более 15 мин — до 200 мг/м^3. Повторные работы при повышенных концентрациях разрешается проводить не ранее чем через 2 ч. При одновременном наличии в воздухе CO и оксидов азота рекомендуется снижение допустимых концентраций первого в 1,5, а вторых в 3 раза. Отмечено суммирование и даже некоторое усиление действия CO в присутствии H_2S, в связи с чем рекомендуется соответственно снижать ПДК каждого из газов, а также уменьшать допустимый срок кратковременного пребывания при повышенной концентрации CO. ПДК оксида углерода в атмосферном воздухе населенных мест: максимальная разовая 6 мг/м^3, среднесуточная — 1,0 мг/м^3.

Оксид азота является ядом для крови. Он переводит оксигемоглобин в метгемоглобин и оказывает, по-видимому, прямое действие на центральную нервную систему.

При остром отравлении — общая слабость, головокружение, онемение ног. При легком отравлении эти явления в течение нескольких минут исчезают при выходе на свежий воздух. При более сильном — к названным симптомам присоединяются тошнота, иногда повторяющаяся рвота. Одновременно головокружение и общая слабость усиливаются, лицо бледнеет, кровяное давление снижается, наступает полуобморочное состояние. При среднем отравлении резкая слабость и головокружение продолжаются много часов.

Последствия отравления проявляются длительное время (более года) и выражаются в нарушении ассоци-

циативных способностей, ослаблении памяти, мышечной силы.

ПДК оксида азота таковы (мг/м^3): в помещениях рабочей зоны — 30, максимальная разовая и среднесуточная в атмосферном воздухе населенных пунктов — соответственно 0,3 и 0,1.

Диоксид серы раздражает дыхательные пути, вызывая спазм бронхов и увеличение сопротивления дыхательных путей. Общее действие заключается в нарушении углеводного и белкового обмена, угнетении окислительных процессов в головном мозге, печени, селезенке, мышцах. Раздражает кроветворные органы. Токсичность резко возрастает при одновременном воздействии оксидов серы и оксида углерода.

Порог восприятия запаха оксидов серы у человека 0,003 мг/л (у наиболее чувствительных — 0,00087 мг/л). Раздражение глаз непосредственно во время воздействия, а также кашель вызывает концентрация 0,05 мг/л, раздражение в горле — 0,02—0,03 мг/л. При содержании 0,06 мг/л наблюдаются сильное покалывание в носу, чиханье, кашель; концентрацию 0,12 мг/л можно выдержать 3 мин, а 0,3 мг/л — лишь 1 мин.

ПДК для SO_2 в помещениях рабочей зоны составляет 10 мг/м^3, для SO_3 — 1 мг/м^3.

Сероводород H_2S — сильный нервный яд, вызывающий смерть от остáновки дыхания. Порог восприятия запаха 0,000012—0,00003 мг/л. Незначительный, но ощутимый запах отмечается при его содержании 0,0014 — 0,0023 мг/л.

ПДК сероводорода в помещениях рабочей зоны 10 мг/м^3, в смеси с углеводородами — 3 мг/м^3.

В продуктах взрыва, как правило, присутствует несколько ядовитых газов и паров. Поэтому оценку их токсического действия принято проводить путем пересчета на условный оксид углерода по формуле

$$X = X_{CO} + 6{,}5\ X_{NO_2} + 2{,}5(X_{SO_2} + X_{H_2S}),$$

где X_{CO}, X_{NO_2}, X_{SO_2} и X_{H_2S} — количество соответствующих газов в смеси; 6,5 и 2,5 — коэффициенты, учитывающие вредность соответствующих газов по сравнению с CO.

Количество ядовитых газов, образующихся при взрыве 1 кг ВВ, определенное расчетным путем, не всегда соответст-

вует действительности вследствие существенного влияния различных факторов, поэтому для большинства промышленных ВВ они установлены экспериментально.

Из табл. 6.2, в которой приведены экспериментальные данные о токсичности продуктов взрыва аммонита 6ЖВ, следует, что их токсичность в зависимости от условий взрывания изменяется в 5—6 раз.

При производстве массовых взрывов возникает пылегазовое облако, содержащее определенное количество ядовитых газов. Распространяясь на большие расстояния, такое облако наносит большой ущерб окружающей среде и человеку. Например, содержащийся в облаке диоксид азота (NO_2) взаимодействует с атмосферной влагой, образуя азотистую и азотную кислоты, которые в виде капелек выпадают на земную поверхность (кислотные дожди).

Количество и состав ядовитых газов зависят от химического состава ВВ, полноты детонации зарядов и от химических, физико-механических и теплофизических свойств взрываемых пород, которые могут обусловить дополнительное выделение ядовитых газов или снижение их количества в результате взаимодействия продуктов взрыва зарядов ВВ с породой.

Состав токсичных продуктов взрыва, как уже отмечалось, в сильной степени зависит от кислородного баланса. При положительном кислородном балансе преимущественно выделяется оксид азота, а при отрицательном — оксид углерода. По ПДК оксид азота в 6,5 раз превосходит оксид углерода.

Существуют ограничения по количеству выделяемых при

Таблица 6.2

Состав ядовитых газов при взрыве зарядов аммонита 6ЖВ (кислородный баланс + 0,3 %)

Условия взрывания	Количество газов, л/кг		
	оксид углерода	оксиды азота	суммарное в пересчете на CO
Заряд свободно подвешен в воздухе	33 – 35	20,5 – 22,8	167 – 189
Взрыв в шпуре:			
без забойки	34 – 35	2,8 – 3,3	50 – 52
с забойкой 20 см глиной	32 – 41,5	1,1 – 2,0	45 – 50
с забойкой водой	11,7 – 18,5	1,8 – 3,2	30 – 32

взрыве ядовитых газов. Например, в США для предохранительных ВВ установлен предел токсичных продуктов взрыва 156 л/кг. Для ВВ, применяемых для взрыва на открытых горных выработках, этот показатель не нормируется.

Необходимо отметить, что в настоящее время ни в нашей стране, ни за рубежом нет надежного метода определения концентрации ядовитых газов, который позволял бы учитывать реальные условия взрывания зарядов при производстве массовых взрывов. Поэтому все данные по количеству и составу выделяемых при взрыве токсичных продуктов получают в основном расчетным методом. В табл. 6.3 приведены расчеты состава продуктов взрыва для некоторых ВВ боеприпасов. Состав продуктов взрыва вычислялся исходя из общих законов химической термодинамики при следующих допущениях:

1) при взрыве, несмотря на чрезвычайную кратковременность явления, между продуктами взрыва устанавливается химическое равновесие;

2) взрыв происходит по модели "мгновенной детонации";

3) уравнение состояния идеальных газов и вытекающие из него термодинамические следствия применимы для условий взрыва, который характеризуется очень высокими давлениями; для изучения детонации конденсированных ВВ необходимо использовать уравнения состояния более сложной формы.

Из данных, приведенных в табл. 6.3, следует, что количество ядовитых газов, выделяемых при взрыве ВВ боеприпасов, в 1,5 — 1,7 раза превышает норму 156 л/кг. Поэтому указанные ВВ по данному показателю не могут быть применены в подземных условиях.

В результате исследований, проведенных в разных странах, установлено, что для каждого ВВ существует свой петрографический (химический) состав породы, при взрывании в которой образуется наименьшее количество ядовитых газов. Термодинамические расчеты показали, что баллиститные топлива при взрывании в апатитах выделяют 275 — 288 л/кг оксида углерода, а при взрывании в слюдистых породах в результате химического взаимодействия с ними — в среднем только около 140 л/кг.

Из теоретических расчетов (см. табл. 6.3) следует, что оксиды азота, серы и другие вещества в продуктах взрыва

Таблица 6.3

Состав продуктов взрыва (в молях) некоторых ВВ боеприпасов

ВВ	Объем газов (по CO), л/кг	Плотность, г/см^3	CO_2	CO	H_2O	H_2	O_2	C
ФСГ-2	288	1,57	4,19	12,85	12,55	2,48	5,03	6,47
РНДСИ-5КМ	276	1,61	4,13	12,324	13,06	2,45	4,657	5,546
РСИ-12К	275	1,57	4,71	12,29	12,05	2,26	4,975	5,773
НМФ-2Д	278	1,61	4,75	12,4	12,36	2,3	4,893	5,7
ВИК-2Д	290	1,66	6,58	12,94	11,9	1,531	5,115	–
РСИ-60	284	1,57	4,345	12,69	12,59	2,43	4,897	6,22
ТНТ (тротил)	331	1,6	1,65	14,78	8,35	2,665	6,61	14,4
Гексоген	238	1,6	2,89	10,623	11,85	1,662	13,513	–

отсутствуют, хотя практические исследования свидетельствуют о том, что названных токсичных соединений в продуктах взрыва может быть больше, чем CO и CO_2, а токсическое действие их может быть выше. Поэтому для каждого типа утилизированных ВВ необходимо экспериментально установить количество и состав ядовитых газов в ПВ при взрывных работах в различных условиях.

При производстве взрывных работ вентиляцией и другими мероприятиями в рабочей зоне снижают содержания ядовитых газов до нормативных величин, которые считаются условно безопасными для человека. Однако необходимо учитывать, что токсическое действие ядовитых газов на человека индивидуально и что часто отмечается комплексное воздействие хоть и малых доз, но различных ядов. Продукты взрыва, поглощенные породами, поступают в воздух рабочей зоны и могут дополнительно воздействовать на людей. Токсичные вещества при воздействии на организм человека даже в малых дозах имеют свойство накапливаться. В связи с этим необходим системный подход к вопросу оценки воздействия различных ядовитых газов на человека.

В общем случае токсичность химического вещества можно определить как меру любого аномального изменения функций организма под действием этого фактора при заданных внешних условиях.

Токсичность представляет собой сравнительную характеристику. Она позволяет сопоставить ядовитые свойства различных веществ.

Хронические токсикозы, называемые также диетальными или кумулятивными отравлениями, вызываются продолжительным воздействием относительно небольших доз яда. Нарастание симптомов происходит постепенно.

В настоящее время установлено, что при длительном воздействии различных по механизму действия химических соединений в концентрациях, не вызывающих внешне проявляемого эффекта, в организме подопытных животных происходят скрытые изменения ряда физиологических реакций, биохимических показателей функций отдельных органов и систем. При этом показано, что в основе этих изменений лежат не грубые нарушения, а преимущественно весьма тонкие рефлекторнообменные сдвиги, возникающие прежде

всего как результат воздействия токсических веществ на интеррорецепторы, особенно тканевые, обладающие высокой чувствительностью к изменениям тканевого обмена. Появляются изменения ресинтеза тканевых белков и сдвиги в ферментальной активности, а также признаки клеточной деструкции. Кроме того, сдвиги, наблюдаемые в специфической активности белков, в сочетании с ослаблением процесса их синтеза сказываются на общей реактивности организма, его сопротивляемости различным неблагоприятным воздействиям.

Установлено, что под влиянием низких концентраций различных веществ (сероуглерод, ртуть, свинец, хлорорганические соединения и др.) у работающих с ними отмечается ряд однотипных функциональных сдвигов. Последние проявляются в объективно регистрируемых, хотя и нерезко выраженных, явлениях вегетативного невроза, в обратимых функциональных сдвигах в высшей нервной деятельности, изменениях функционального состояния вестибулярного, зрительного и обонятельного анализаторов, в признаках нарушений функций головного мозга, снижении мышечной работоспособности.

Медицинские исследования длительного воздействия токсических веществ малой концентрации на живой организм показывают, что оно приводит к специфическим сдвигам как в биохимической динамике сердечной мышцы, так и в ее реакции. Под влиянием различных химических раздражителей происходят изменения сердечного ритма однотипной фазности. Фазность изменений функции щитовидной железы была выявлена путем ввода в железу радиоактивного йода и по характеру наблюдавшихся в ней физиологических изменений.

Существенное значение при исследовании действия химических соединений в концентрациях, не вызывающих видимых проявлений интоксикации, имеют и результаты морфологических исследований (изменений во внутренних органах). Морфологические изменения вначале связаны, как правило, с сосудистыми расстройствами, а затем — с дистрофическими изменениями в нервных клетках головного мозга (преимущественно коры). В последующем отмечаются дистрофические, реже воспалительные изменения в печени, почках, мио-

карде, щитовидной железе и надпочечниках. В легких фиксируются явления отека, набухания стенок сосудов, полнокровия. Эти изменения свидетельствуют о том, что при действии токсических веществ в малых концентрациях развивающиеся в организме сдвиги не всегда ограничиваются лишь функциональными расстройствами, а частично проявляются, хотя и нерезко выраженными и, как правило, обратимыми, но все же определенными структурными нарушениями в головном мозге, легких и других органах.

Возможные хронические заболевания при длительном воздействии малых доз ядовитых веществ на организм человека представлены в табл. 6.4. Как следует из приведенных в таблице данных, в результате такого воздействия могут возникнуть серьезные нарушения жизнедеятельности практически всех основных систем организма. Положение в этом случае осложняется еще и тем, что в случае длительного поступления в организм малых доз токсичных веществ успевают включаться компенсаторные возможности организма и развивается выраженная патология, в которой наряду с характерными проявлениями действия яда улавливаются признаки противодействия ему механизмов защиты. Происходит адаптация организма к вредным воздействиям и переход химической патологии в хроническую фазу, выход из которой будет возможен только по истечении довольно продолжительного времени, определяемого длительностью процесса вывода из организма вредных соединений.

Таблица 6.4

Классификация заболеваний при хроническом отравлении малыми количествами токсических веществ

Поражаемые органы и процессы	Токсичные вещества	Основные клинические синдромы
Органы дыхания	Хлор и его соединения: хлорид водорода, соляная кислота, хлороксид фосфора Соединения серы: диоксид, сероводород. Соединения азота: оксиды, аммиак Соединения фтора: фторид водорода, соли плавиковой кислоты Соединения хрома: хромовый ангидрид, оксид	Хронический токсический бронхит, токсический пневмосклероз

Продолжение табл. 6.4

Поражаемые органы и процессы	Токсичные вещества	Основные клинические синдромы
Органы дыхания	Карбонильные соединения металлов Растворимые соединения бериллия, его соли	Хронический токсический бронхит, токсический пневмосклероз
Система крови Поражение гемокоэза: депрессия кроветворения, миелопролиферативные процессы	Бензол и его хлорпроизводные, гексахлорциклогексан, гексаметилендиамин, дихлордифенилтрихлорэтан и др.	Гипопластические состояния, лейкозы
Нарушение синтеза порфиринов, изменение пигмента крови	Свинец, акрилаты и др.	Гиперсидеринемическая анемия
Метгемоглобинемия	Амино- и нитросоединения бензола и др.	Гипоксемический синдром
Карбоксигемоглобинемия	Оксид углерода	То же
Гемолитическое действие	Мышьяковистый водород, фенилгидразин и др.	Хроническая гемолитическая анемия (вторичный гемолиз)
Гепатобилиарная система Гепатотоксические повреждения	Хлорированные углеводороды, бензол, анимин, тринитротолуол, стирол, свинец, фосфор, ртуть	Токсические гепатопатии – хронический персистирующий гепатит, "неспецифический" (реактивный) гепатит
Иммунная система	Урсол, антибиотики, толуилендиизоцианат и другие вещества сенсибилизирующего действия	Токсико-аллергические повреждения
Выделительная система	Тяжелые металлы и их соединения (ртуть, свинец, кадмий, литий, висмут и др.), соединения мышьяка, органические растворители (дихлорэтан, этиленгликоль и др.), нафтол	Токсические нефропатии
Нервная система	Металлическая ртуть, марганец, соединения мышьяка, сероуглерод, тетраэтилсвинец, наркотические вещества	Вегетососудистая дистония, астеноневротический синдром, токсическая энцефалопатия, гипоталамический синдром, эпилептиформный синдром, синдромы корковых и психопатологических нарушений

6.7. СПОСОБЫ СНИЖЕНИЯ ТОКСИЧНОСТИ КОМПОНЕНТОВ ВВ И ПРОДУКТОВ ВЗРЫВА

Исходные продукты для производства ВВ, сами ВВ и продукты их химического превращения при применении являются ядовитыми веществами. В соответствии с этим и меры по

снижению токсичности, обеспечению безопасности для людей и окружающей природной среды должны приниматься на всех этапах обращения с ними.

Технологический процесс химического производства ВВ и переработки их при утилизации боеприпасов строго регламентирует качество исходных продуктов, их расход в определенном соотношении и необходимые условия протекания процесса. Эти условия поддерживаются неизменными с помощью постоянного контроля и управления процессом. Правильное проведение технологического процесса обеспечивает безопасность производства, гарантирует требуемые качества получаемых продуктов.

Наряду с автоматизацией контроля внедряется автоматическое управление процессами, что особенно важно для вредных производств. Автоматическое регулирование процесса обеспечивает работу в оптимальных условиях, что исключает присутствие людей в опасной зоне и способствует повышению качества получаемого продукта.

В процессе производства ВВ используют большие количества азотной, серной и других кислот, которые являются сильнодействующими ядами. Для исключения попадания их в окружающую среду отработанные кислоты подвергают денитрации — переработке для извлечения из них оксидов азота, превращаемых методом абсорбции в слабую азотную кислоту. Применение установки денитрации в комплексе с концентрационной установкой позволяет создать замкнутый цикл использования серной кислоты как среды для нитрования и вернуть на нитрование в виде слабой азотной кислоты оксиды азота и азотную кислоту, содержащиеся в отработанной кислоте.

Одним из важных элементов в производстве ВВ, обеспечивающих снижение вредности производства и токсического действия на ОПС, является поглощение оксидов азота, выделяющихся при денитрации отработанных кислот и из нитрационных аппаратов. С этой целью используют многоступенчатые абсорбционные установки.

Отходящие от абсорберов газы освобождаются от оксидов азота максимум на 95 %, поскольку NO плохо извлекается из газов абсорбцией как щелочными, так и кислотными растворами. Для полной очистки отходящих газов, что диктуется

требованиями охраны атмосферного воздуха, оставшиеся оксиды азота подвергают восстановлению до элементного азота природным газом на катализаторе (металлы платиновой группы, нанесенные на активный оксид алюминия) при 850—950 °С.

При производстве ВВ заводы потребляют большое количество воды. Большая часть этой воды используется для охлаждения, но значительная часть — для промывки и очистки ВВ. В случае промывки вода загрязнена кислотами, нитропродуктами и другими веществами. Сточная вода очень токсична. В среднем содержание токсогена в ней составляет 80—90 кг на 1 т готового продукта. Сброс токсичных вод в водоемы приводит к отравлению не только их, но и окружающей среды.

Для очистки сточные воды сначала пропускают через лабиринт ловушек для осаждения находящейся в них суспензии ВВ. Кислая вода, как правило, обезвреживается простой нейтрализацией известью. Обезвреживание щелочной воды гораздо сложнее. Способы очистки сточных вод хлорированием, электролизом или восстановлением нитросоединений железными стружками неприемлемы вследствие дороговизны.

Биологический метод очистки путем окисления нитросоединений микроорганизмами приводит к деструкции тротила, в то время как сульфокислоты не разрушаются, и микрофлора быстро погибает.

На современных заводах по производству тротила применяют противоточную промывку получаемого продукта раствором сульфита натрия; это позволяет свести к минимуму количество сточной щелочной воды. Такую воду уничтожают путем выпаривания и последующего сжигания сухого остатка в присутствии железного катализатора при 760 °С и выше.

Помещения и здания, в которых осуществляется переработка или производство ВВ, должны иметь вентиляцию. Вентиляция должна обеспечивать содержание в воздухе вредных газов, паров и пыли не выше предельно допустимых значений. Отсасываемые газы пропускают через абсорберы для удаления вредных примесей.

Как показано выше, токсичность ВМ, представляющих собой механические смеси различных веществ, определяется токсичностью входящих в них компонентов. Во время хране-

ния и при применении основной задачей является исключить выделение токсичных компонентов.

Токсичность индивидуальных ВВ в большинстве случаев ниже токсичности исходных продуктов. Следовательно, одна из задач при их хранении заключается в том, чтобы не допустить их химического разложения.

Способность ВВ при хранении выделять из своего состава жидкие или легкоплавкие компоненты (экссудаты) называют **экссудацией**. Экссудация наблюдается у ВВ со значительным содержанием нитроэфиров (детониты, нитроглицериновые пороха и т.д.). Она происходит под действием капиллярных сил, заставляющих мигрировать жидкость наружу, или сил тяжести. Наличие на поверхности таких ВВ жидких нитроэфиров, являющихся ядовитыми веществами, может привести к отравлению человека при попадании их на кожу или вдыхании паров. Хранение ВВ при повышенной температуре или колебание температур способствует экссудации.

Для снижения токсичности таких ВВ хранить их необходимо в герметичной упаковке при постоянной пониженной температуре. Во время хранения необходимо периодически осматривать упаковку на предмет появления пятен от экссудата. При появлении таких пятен ВВ подлежит уничтожению.

Некоторые жидкие компоненты ВВ обладают летучестью. В первую очередь это относится к нитроглицериновым ВВ, в которых с летучестью связано токсическое их действие. Чем выше летучесть нитроэфиров, тем сильнее проявляется токсическое действие ВВ, изготовленного на их основе.

Уже при 20 – 40 °С во влажном воздухе нитроглицерин заметно испаряется. Упругость пара нитроглицерина возрастает при повышении температуры с 0,026 Па при 20 °С до 0,32 Па при 40 °С и 2,5 Па при 60 °С.

Особенно высокой летучестью обладает нитрогликоль. При температуре 35 – 38 °С его летучесть в 13 раз больше, чем у нитроглицерина.

Для снижения токсического действия нитроглицериновые ВВ должны храниться во влагоизолирующей упаковке при пониженной температуре. Другим направлением снижения токсичности этих ВВ является частичная замена жидких нитроэфиров твердыми сенсибилизаторами типа гексогена.

Некоторые ВВ при хранении способны к медленному химическому распаду, скорость которого зависит от природы и температуры вещества. Кроме того, ВВ способны к самоускоряющемуся превращению, зависящему от наличия в их составе тех или иных примесей.

Остатки кислотной смеси, применяющейся при нитровании, а также наличие нестойких примесей, которые могут образовываться при нитровании в результате побочных реакций, способствуют течению реакций самоускоряющегося превращения нитроэфиров. Нестойкие примеси, разлагаясь быстрее нитроэфира, выделяют оксиды азота, которые с водой дают азотную и азотистую кислоты. Эти кислоты и ускоряют распад нитроэфиров, особенно в присутствии воды, благоприятствующей гидролизу последних. Такие реакции идут с выделением тепла, в результате чего еще более ускоряется распад ВВ. Продукты распада могут резко повысить токсическое действие ВВ.

В состав нитроглицериновых ВВ для повышения химической стойкости иногда вводят небольшое количество стабилизаторов, т.е. таких веществ, которые способны связать продукты распада, быстро реагируя с образовавшимися оксидами азота или кислотами. В качестве стабилизирующих добавок применяют дифениламин, некоторые производные мочевины, этиловый и другие спирты, ацетон и тому подобные органические соединения, а с целью нейтрализации кислот вводят небольшое количество мела или соды.

Утилизируемые ВМ в своем составе имеют большое количество примесей (краски, частицы различных металлов и т.п.), которые попадают в них во время переработки. Кроме того, в их составе могут быть и продукты распада, возникающие за время хранения. В связи с этим для повышения безопасности их применения необходимо вводить дополнительно вещества-стабилизаторы.

В связи с широким развитием производства и применения алюмо- и водосодержащих ВВ приобретает значение вопрос об их стабильности.

Агрессивность водных растворов по отношению к алюминию может усиливаться, если они становятся щелочными. Сравнительно медленное взаимодействие алюминиевой пудры с водным раствором нитратных солей может резко уско-

риться в результате того, что водород в момент выделения восстанавливает нитратную группу молекулы аммиачной селитры в аммиак, который делает среду щелочной. В результате внезапно ускоряется реакция с саморазогревом.

С химической неустойчивостью смесей, содержащих в качестве компонентов алюминий и воду, можно бороться, вводя в их состав специальные добавки (соляная кислота с хроматом калия, вода с хроматом калия) и используя алюминий в виде порошка достаточно крупной дисперсности.

Взрывчатое превращение ВВ и средств взрывания сопровождается образованием большого количества газов и паров (600 – 900 л на 1 кг ВВ), содержащих ядовитые оксиды и другие соединения, к основным из которых, как уже отмечалось, относятся оксид углерода, оксид и диоксид азота.

При содержании в составе ВВ перхлората аммония, серы или сернистых соединений возможно образование при взрыве хлористого водорода, элементного хлора, сероводорода и сернистого ангидрида.

При взрывании детонаторов, содержащих гремучую ртуть и азид свинца, в атмосфере и породах обнаруживаются пары ртути или свинца в опасных количествах.

Газообразные продукты, в том числе и ядовитые, возникающие при взрыве заряда ВВ, непосредственно поступают в атмосферу, смешиваясь с воздухом и частично вступая во взаимодействие с ним, а также поглощаются породой, раздробленной при взрыве, и пылью.

Газы, поступившие в атмосферу, ведут себя по-разному: оксид углерода сохраняется, оксиды азота, постепенно переходя в диоксид и соединяясь с влагой, содержащейся в атмосфере и породе, превращаются в азотную и азотистые кислоты, оседая на почве.

При взрыве зарядов ВВ ввиду неполной детонации имеет место разброс частиц ВВ, которые, будучи ядовитыми, отравляют атмосферу и почву.

Состав и физико-химические свойства ВВ влияют на образование ядовитых газов. При отрицательном кислородном балансе растет количество выделяемой при взрыве окиси углерода и несколько уменьшается количество окислов азота. При положительном кислородном балансе наблюдается обратная картина.

Таблица 6.5

Количество ядовитых газов (л/кг) в продуктах детонации ВВ

ВВ	Кислородный баланс, %	CO	NO	CO + 1,6NO
Динафталит	+ 0,3	32 – 45	37 – 39	94 – 104
Аммонит 6ЖВ	+ 0,26	45 – 55	18 – 25	84 – 85
Аммонал ВА-4	+ 0,29	43	10,6	60
Скальный аммонит № 1ЖВ	– 0,7	38 – 46	0,4 – 7,2	47 – 49
Детонит М	+ 1,4	28	14,8	52
Аммонит ПЖВ-20	+ 0,4	30 – 32	10 – 12	48 – 49
Победит ВП-3	+ 0,58	32	11	49
Малогазовый аммонит МВ-1 (с нитратом калия)	+ 0,9	21	6,4	31

Для аммонитов оптимальным с точки зрения образования ядовитых газов является не нулевой, а небольшой отрицательный (до 3 %) кислородный баланс (табл. 6.5). Для других ВВ (особенно крупнодисперсных) более рационален небольшой положительный кислородный баланс.

В перхлоратных ВВ во избежание формирования в продуктах детонации элементного хлора необходимо иметь нулевой или отрицательный кислородный баланс. Выделяющийся в этих условиях хлористый водород менее опасен. Он быстро поглощается влагой и уходит из воздуха. Однако при этом возникает возможность усиленной коррозии металлического оборудования вследствие разъедающего действия соляной кислоты, образующейся при поглощении хлористого водорода влагой.

Одной из основных причин образования ядовитых газов при взрыве ВВ с кислородным балансом, близким к нулевому, является неполнота реакции взрывчатого превращения.

С повышением детонационной способности ВВ уменьшается количество ядовитых газов, что подтверждается данными (табл. 6.6), полученными при взрыве аммонита 6ЖВ с увеличением от первой к третьей пробе степени измельчения компонентов.

На полноту взрывчатого превращения ВВ, а следовательно, и количество выделяющихся ядовитых газов значительное влияние могут оказывать тип сенсибилизатора, а также малоактивные компоненты, флегматизирующие ВВ. Так, составы, сенсибилизированные гексогеном или нитроглицерином, дают меньше ядовитых газов, чем аммониты.

Таблица 6.6

Зависимость количества выделяемых ядовитых газов (л/кг) от бризантности ВВ

Номер пробы	Бризантность, мм	Оксид углерода	Оксиды азота	Условный оксид углерода
1	12,4	42,2	2,8	60,4
2	15,0	38,4	2,5	54,6
3	17,0	30,1	2,4	52,2

Таблица 6.7

Количество ядовитых газов (л/кг) в продуктах детонации

ВВ	Лабораторные испытания			Испытания в шахтах		
	CO	NO	CO + 6,5 NO	CO	NO	CO + 6,5 NO
Аммонит № 7	29,2	5,7	66,3	27,8	5,5	63,6
Аммонит 6ЖВ	29,2	5,5	65,0	29,6	4,9	61,3
Аммонит скальный № 1	40,1	0,8	45,3	40,2	0,4	42,8
Аммонит ПЖВ-20	29,6	2,4	45,2	28,6	1,8	40,3
Победит ВП-3	21,2	3,3	42,7	19,0	2,1	32,4

Взаимодействие продуктов разложения отдельных компонентов облегчается при наличии в составе ВВ каталитически активных добавок. Доказано, что введение в состав аммонитов некоторого количества калиевой селитры приводит к уменьшению образования при взрыве не только оксидов азота, но и оксида углерода.

Существенное влияние на образование ядовитых газов оказывают соли-пламегасители, применяемые в предохранительных ВВ, порохах, — хлористый натрий и хлористый калий. Они способствуют более полному завершению реакции и, следовательно, уменьшению количества ядовитых газов. Особенно заметно снижается при этом содержание оксидов азота (табл. 6.7, см. также табл. 6.5).

Влияние горных пород на образование ядовитых газов, подробно исследованное в работах Б.Д. Росси и М.Я. Худякова, может быть связано с химическими взаимодействиями продуктов взрыва с горными породами или каталитическим действием пород на ход вторичных реакций. Физические свойства горных пород — вязкость, трещиноватость, прочность, теплоемкость и теплопроводность могут также сказываться на составе продуктов взрыва и особенно на количест-

ве ядовитых газов, поглощенных породой и выделяющихся в дальнейшем.

Чем выше коэффициент крепости горных пород, тем больше образуется оксида углерода и, как правило, меньше оксидов азота.

Б.Д. Росси предложил разделить горные породы по "газовой вредности" на три группы в зависимости от количества ядовитых газов, выделяемых при взрыве в данных породах ВВ с кислородным балансом, близким к нулевому.

К первой группе отнесены апатиты, нефелины, калийные соли, молибденовые, некоторые медные и полиметаллические руды (количество ядовитых газов составляет 10—40 л на 1 кг ВВ).

Ко второй группе принадлежат угли и вмещающие их породы, свинцово-цинковые, мартитовые железные и золотоносные руды (от 40 до 100 л ядовитых газов на 1 кг ВВ).

В третью группу включены джеспилитовые железные руды (более 100 л ядовитых газов на 1 кг ВВ).

Повышение плотности ВВ вначале приводит к уменьшению количества ядовитых газов. Затем, после достижения определенной плотности, дальнейшее ее увеличение вызывает рост количества выделяющихся ядовитых газов, так как увеличение плотности ВВ обусловливает снижение полноты его детонации (при плотностях, близких к критическим).

Влага в составе ВВ является компонентом, затрудняющим его детонацию. Поэтому повышение влажности ВВ приводит к росту количества ядовитых газов, в основном оксидов азота. С другой стороны, чем больше количество воды будет взаимодействовать с продуктами взрыва ВВ, тем большее количество оксида углерода окислится до CO_2.

Влияние массы бумажно-парафиновой оболочки на количество ядовитых окислов при взрыве прессованного аммонита 6ЖВ иллюстрируется данными, полученными А.П. Парамоновым (табл. 6.8).

Понижение температуры взрыва ВВ введением инертных добавок благоприятствует меньшему сгоранию горючей оболочки, что наряду с другими, положительно действующими факторами может до некоторой степени способствовать снижению образования ядовитых газов при взрывных работах.

Таблица 6.8

Зависимость количества ядовитых газов от массы оболочки

Масса оболочки на 1 кг ВВ, г		Количество ядовитых газов, л/кг		
бумага	парафин	оксид углерода	оксиды азота	условный оксид углерода
0	0	7,5	4,2	35,0
1,2	1,7	28,3	4,7	58,9
2,0	2,5	29,6	5,1	62,8
4,0	5,0	35,9	5,9	74,3

Чтобы ограничить отрицательное влияние бумажно-парафиновой оболочки на образование ядовитых газов, ГОСТом на промышленные ВВ установлена максимальная масса бумажной оболочки и гидроизоляционного покрытия (парафин — петролатум) на патронах до 2 г на 100 г ВВ.

Качественный и количественный состав продуктов горения порохов может несколько меняться в зависимости от давления и условий охлаждения продуктов.

При горении в замкнутом объеме давление определяется плотностью заряжания. Из опытных данных следует, что с увеличением этой плотности, т.е. при возрастании давления, несколько увеличивается содержание CO_2, CH_4 и уменьшается содержание CO, H_2. Предельным давлением, ниже которого в продуктах горения содержится значительное количество оксидов азота, считается 4 — 5 МПа. Однако появление значительного количества оксидов азота не всегда связано с низким давлением; например, при горении длинных ракетных зарядов происходит так называемое аномальное горение, при котором из сопла выбрасываются газы с большим содержанием оксидов азота, хотя давление в пороховой камере достигает 15 МПа.

При увеличении плотности заряжания зарядов ВВ количество ядовитых газов уменьшается. Уменьшается количество ядовитых газов также при взрывании в обводненном забое, при обратном инициировании заряда, при применении высококачественной забойки и при групповом взрывании в сравнении с одиночным.

Большое значение для уменьшения образования ядовитых газов имеет правильное ведение взрывных работ. Так как полностью исключить их образование не удается, то применяют различные методы нейтрализации, например, орошение забоев перед взрывом водой или щелочными растворами для поглощения оксидов азота; этим же целям служат улучшение

качества ВВ, использование качественной породной забойки и гидрозабойки, воздушно-механической пены и др.

Наиболее действенным средством борьбы с отравлениями ядовитыми продуктами взрыва является хорошая вентиляция подземных выработок. Чтобы проветривание могло обеспечить в короткий срок разбавление ядовитых газов до санитарно-гигиенических норм, Едиными правилами безопасности устанавливается предельное содержание ядовитых газов при взрыве промышленных ВВ — до 80 л на 1 кг.

Для смесевых твердых топлив и порохов, инициируемых в нештатном для них детонационном режиме (не горении), состав продуктов детонации существенно зависит от условий применения (в частности, от степени обводнения скважин) и других начальных условий.

Для удовлетворения нормам ПДК продукты детонации должны быть разбавлены воздухом в следующее количество раз:

пороха РСТ — в $3{,}5 \cdot 10^6$;

пороха РСИ — в $0{,}9 \cdot 10^6$;

пороха НМ и НМФ — в $2 \cdot 10^4$.

Для смесевых твердых топлив наиболее вредным компонентом (в достижимой при детонации концентрации) является CO. Для удовлетворения нормам ПДК продукты взрыва от таких ВВ должны быть разбавлены воздухом в $7{,}3 \cdot 10^4$ раз.

Полученные расчетные результаты позволяют установить влияние активных (тротил, гексоген, аммиачная селитра) и пассивных (воздух, вода, мел) добавок на изменение газового состава продуктов детонации.

Например, использование заряда смесевого топлива, наполовину (по массе) смешанного с аммиачной селитрой, в 2,8 раза уменьшает концентрацию CO; при этом уровень необходимого разбавления продуктов детонации до ПДК будет равным уровню необходимого разбавления до ПДК CO продуктов детонации нитроглицериновых порохов.

Взрывная реакция в водной среде (1 : 1) нитроглицериновых порохов позволяет снижать содержание CO в 3,5 раза.

В последнее время в подземных условиях применяют грубодисперсные ВВ в зарядах большого диаметра (гранулиты, граммониты, игданит). Такие ВВ, если их состав отвечает нулевому кислородному балансу, при взрывании в зарядах большого диаметра обычно не образуют большого количества ядовитых газов, а при плотном заполнении скважин с помощью механизированного заряжания по газовым харак-

теристикам они оказываются иногда даже лучше порошкообразных аммонитов.

Таким образом, снижение количества ядовитых газов, выделяемых при взрыве ВВ, достигается за счет совершенствования рецептур последних, введения в их состав специальных добавок, уменьшающих вторичные реакции в продуктах взрыва, а также за счет повышения детонационной способности ВВ.

В настоящее время ведутся работы по созданию инициирующих веществ и капсюлей-детонаторов, электродетонаторов с уменьшенным содержанием или полным отсутствием соединений ртути и свинца.

В практике взрывных работ нередко возникает необходимость установления границ зон, опасных по факторам воздействия на людей ядовитых продуктов взрыва.

Расстояние, безопасное по действию ядовитых газов при массовых взрывах на земной поверхности, по данным треста "Союзвзрывпром", может определяться по формуле

$$r_{го} = 160 \sqrt[3]{Q}\ (1 + 0{,}5v_в),$$

где $r_{го}$ — радиус опасной зоны, в пределах которой по направлению ветра содержание ядовитых газов (в пересчете на условный оксид углерода) превышает ПДК, м; Q — общая масса ВВ в зарядах, кг; $v_в$ — скорость ветра, м/с.

Расстояние, безопасное по действию ядовитых газов при массовых взрывах зарядов в подземных выработках рудников, по данным КГРИ, рассчитывается так:

$$r_{гп} = n(V_о - V_с)/S,$$

где $r_{гп}$ — протяженность опасной зоны по направлению поступления в очистной блок воздушной струи (без учета влияния вентиляции), м; n — коэффициент, учитывающий долю объема загазированных выработок одного направления от общего объема таких выработок; $V_о$ — общий объем загазированных выработок со стороны поступающей воздушной струи, м^3; $V_с$ — свободный объем выработок горизонта блока, в котором выполнен взрыв, м^3; S — средневзвешенная площадь сечения выработок, по которым движутся газы, м^3.

Конкретные способы и средства защиты людей от токсического действия каждого вида ВВ, утилизированных из боеприпасов, изложены в технических условиях на них.

6.8. СИСТЕМА ТЕХНИЧЕСКОЙ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАССНАРЯЖЕНИИ И УТИЛИЗАЦИИ БОЕПРИПАСОВ

Сложность решения вопросов технической, экологической и транспортной безопасности при промышленной утилизации военной техники усугубляется большим разнообразием и сложностью конструкций боеприпасов, высокой пожаро- и взрывоопасностью их элементов, отсутствием практического опыта, подготовленных производств, возможностью поступления из арсеналов и баз МО РФ на заводы отрасли боеприпасов, опасных в обращении, — имеющих повреждения, дефекты, взведенные взрыватели и т.п.

Все это создает высокую степень риска (вероятности) аварий, травмоопасности и нанесения экологического ущерба окружающей среде.

С точки зрения оценки опасности необходимым условием возникновения пожара или взрыва при наличии в оборудовании или на рабочих местах ВВ является появление источника зажигания. Таким источником могут быть: искры удара и трения; нагретые поверхности; открытое пламя; раскаленные продукты горения; искры неисправного электрооборудования или статического электричества; очаги самовозгорания.

Вероятность аварии и травмирования людей определяется по выражению

$$B = 1-(1- B_1)(1-B_2)(1-B_3),$$

где B_1, B_2, B_3 — вероятность соответственно появления опасных и вредных источников, отказа средств защиты, ошибки человека (1/год).

Опасности носят стохастический характер, т.е. могут проявиться или не проявиться. В качестве адекватной оценки принимается вероятность наступления нежелательного события, определяемая статистически:

$$B(T) = 1-e^{-\lambda T},$$

где $\lambda = 1/T_{ср}$ — интенсивность отказов или появления опасных факторов; $T_{ср}$ — средний срок службы оборудования; T — время.

В зависимости от вероятности аварии производственные

процессы размещаются в зданиях различной категории опасности ($А_I$, $А_{II}$, Б, В).

С 1992 г. по настоящее время в производствах расснаряжения и утилизации боеприпасов произошло 10 аварийных случаев. В 50 % случаев причиной явилось загорание порохов (накол крючком, поломка режущих ножей, умышленный поджог, нерегламентированное сжигание, сварочные работы). В остальных случаях причинами были наколы КВ и разрыв гильзы при выгрузке незакрепленных боеприпасов из вагона, нерегламентированное уничтожение трассеров, ВУ. Перечень этих причин говорит о существенном преобладании величин $В_3$ и $В_1$ и необходимости системного решения как технических, так и организационных задач при создании производств утилизации.

Технологический процесс расснаряжения боеприпасов выполняется на снаряжательных предприятиях отрасли в основном в обратной последовательности процесса их снаряжения и сборки. В то же время опыт показывает, что значительно большее, чем при снаряжении, количество факторов риска при расснаряжении делает процесс утилизации более опасным, создает более высокую степень вероятности аварий и ущерба экологии. Поэтому разработка технологии и оборудования для утилизации боеприпасов сопровождалась разработкой комплекса дополнительных мер по охране труда, технике безопасности и промсанитарии в системе ЧМС – "Человек – машина – среда" (рис. 6.1). Для обеспечения этого комплекса предусмотрены следующие мероприятия.

1. Разработан и апробирован при создании производств утилизации комплект Руководящих материалов (РМ) по утилизации боеприпасов, которые являются дополнениями к Правилам устройств (РМУ), эксплуатации (РМЭ), защиты от статического электричества (РМЗСЭ), а также к Перечню опасных и особо опасных технологических операций и т.д. В настоящее время РМ представлены в новой (третьей) редакции, переработанной и дополненной с учетом накопленного двухлетнего практического опыта, рекомендаций комиссий по имевшимся авариям, работ в этой области НИИ, заводов отрасли, вузов, полигонов, арсеналов, баз и складов МО РФ.

Требования по организации, устройству и эксплуатации распространяются на все проектируемые новые, реконструи-

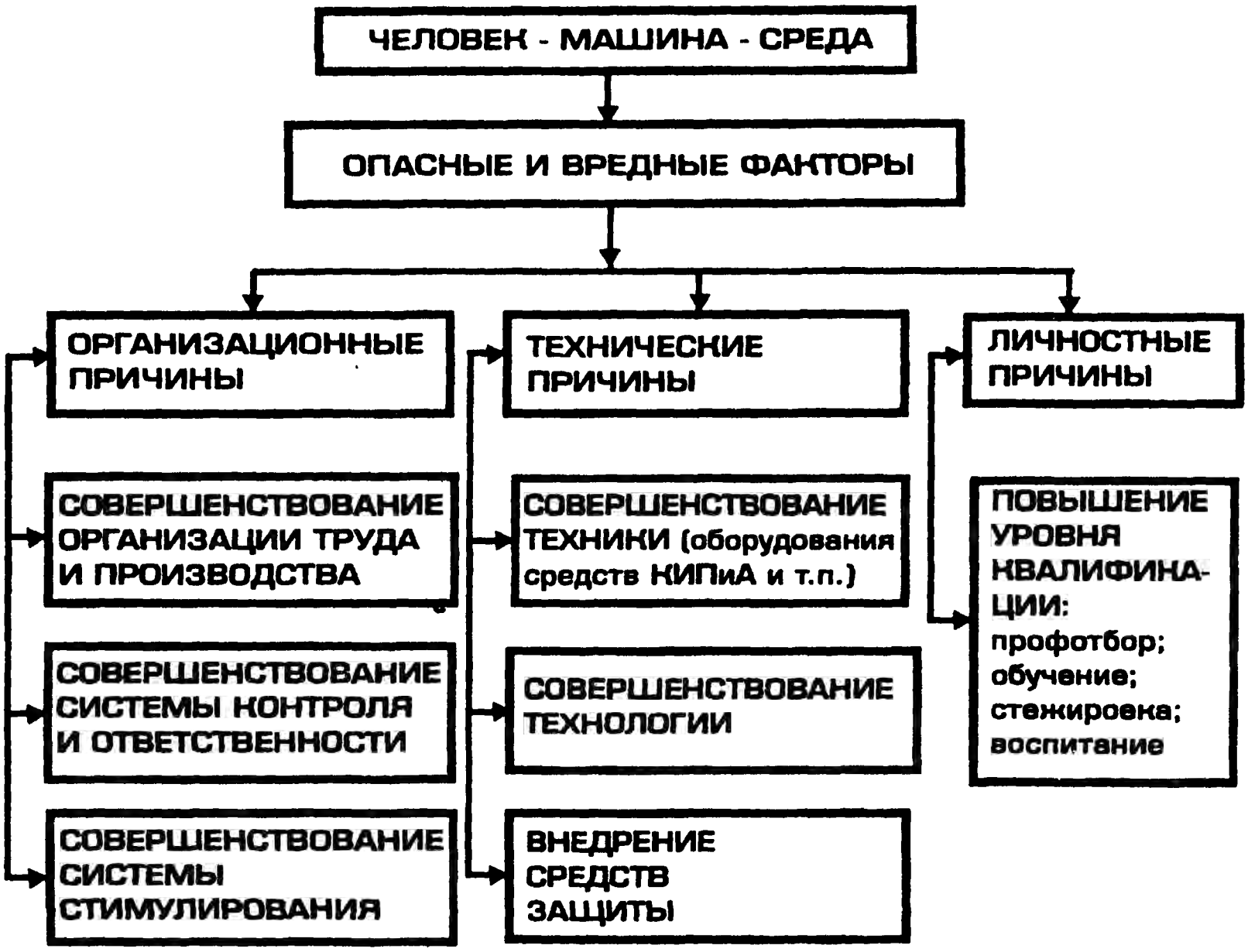

Рис. 6.1. Схема системы обеспечения технической безопасности ЧМС

руемые и действующие производства, здания и сооружения. В РМУ описаны условия размещения и уровни защиты производств, дана их классификация по степени опасности, приведен перечень помещений и операций, подлежащих оборудованию системами пожаротушения типа СПООР, ЛСАПТ-СБ, БАПС (и т.д.) в зависимости от наличия сгораемых материалов, открытых поверхностей ВВ, порохов, ЛВЖ, ГЭК; изложены также требования к хранению боеприпасов, отоплению и вентиляции, водопроводу и канализации, электрическим устройствам.

Требования по эксплуатации в РМЭ определяют основные меры безопасности при хранении, ПРТС работах, транспортировке утилизируемых боеприпасов, комплектующих, а также при их разборке, извлечении и переработке РЗ ВВ, передаче в народное хозяйство металлолома и взрывчатых материалов.

В РМЗСЭ установлены требования по защите от статического электричества, методы и средства предотвращения опасных проявлений электрических зарядов.

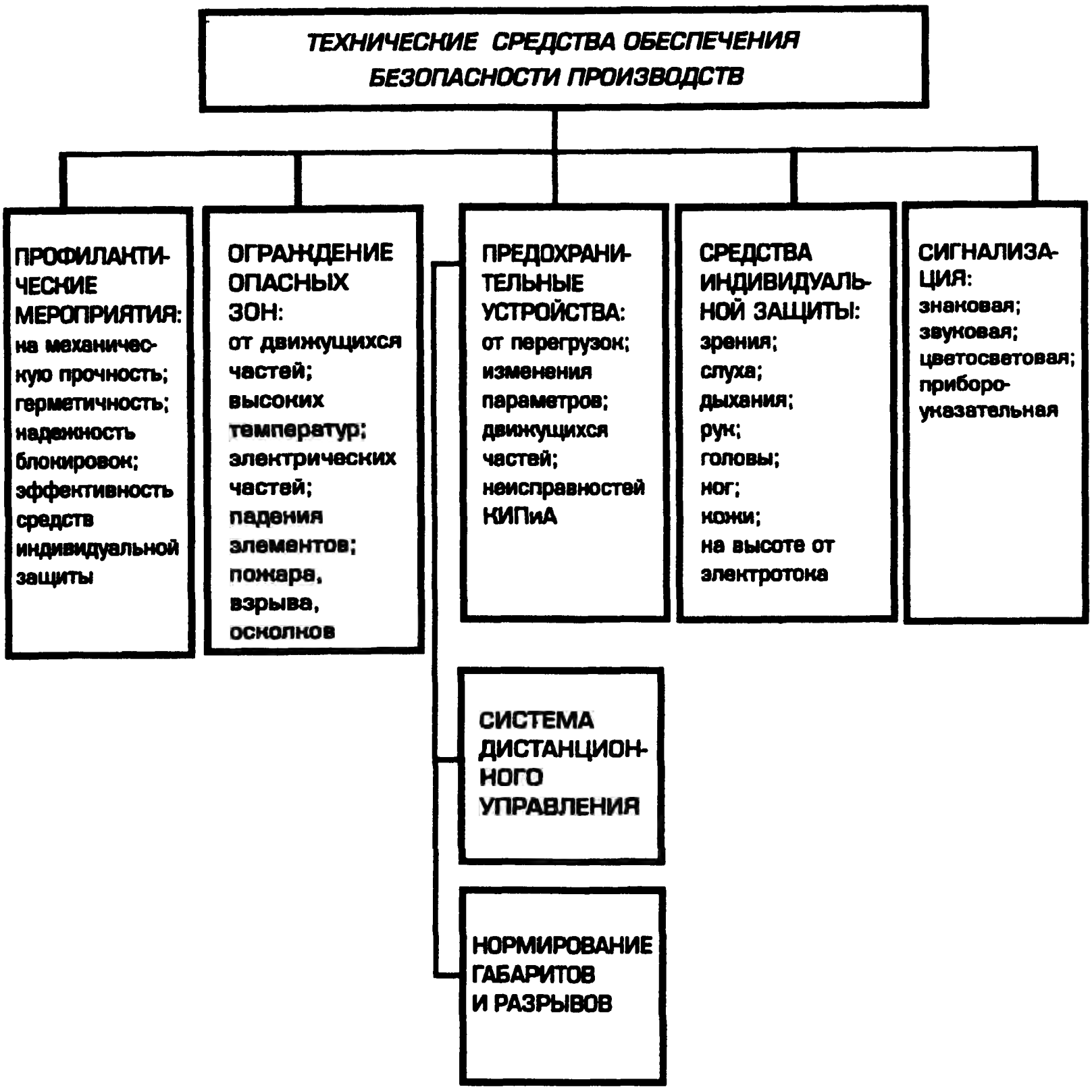

Рис. 6.2. Мероприятия, направленные на обеспечение технической безопасности на спецпроизводствах

Составлен Перечень особо опасных и опасных технологических операций по расснаряжению и утилизации боеприпасов.

Комплект РМ согласован и утвержден Государственной противопожарной службой, ЦС профсоюза, Госкомоборонпромом РФ.

2. Технологии и оборудование для утилизации боеприпасов создавались с учетом мероприятий, представленных на рис. 6.2. Все принципиальные способы, отраженные на этой схеме, имеют необходимую отстройку в режимах от критических параметров, существующих в технологических процессах.

3. При разработке рабочих проектов для реализации производств обеспечивалось требование, согласно которому человек во время своей деятельности должен находиться в комфортной рабочей среде, представляющей собой совокупность физических, химических, биологических, социальных и эстетических факторов.

Исключительно важным принципом и требованием в процессе разработки технологических процессов и оборудования для утилизации является создание экологически чистых, малоотходных производств и участков. В процессе промышленной утилизации боеприпасов в воздух, воду, почву могут поступать вредные вещества, в первую очередь взрывчатые, и оказывать отрицательное воздействие на человека и окружающую среду.

Вещества по своим токсическим свойствам относятся по ГОСТ 12.1.007−76 к I, II, III и IV классам опасности. Около 85 % извлекаемых ВВ принадлежит к чрезвычайно опасным (I класс) и высокоопасным (II класс) веществам.

Токсичность (ПДК) пыли, паров ряда ВВ в воздухе рабочей зоны составляет от 0,1 до 0,5 мг/м^3, в населенном пункте − от 0,007 до 0,3 мг/м^3. ПДК ряда ВВ в сточной воде при сбросе в водоем не должна превышать 0,1−0,5 мг/л (см. разделы 6.2−6.6). При сжигании ВВ на площадке уничтожения или возможной аварии на производстве образуются ядовитые газы (оксиды азота, оксид углерода, сажа, диоксины и т.п.) в среднем в количестве от 500 до 950 л/кг. При уничтожении средств взрывания и инициирования (ВУ, КД, КВ) в атмосферу выделяются наиболее вредные для человека пары ртути и свинца (ПДК их в воздухе рабочей зоны 0,01 мг/м^3, в населенном пункте − соответственно 0,0003 и 0,0007 мг/м^3).

Для оценки состояния загрязнения воздушной среды на территории промышленной площадки утилизации боеприпасов разработана совместно с МГАХМ методика определения качественных и количественных показателей выбросов вредных веществ в атмосферу от основного технологического оборудования и рабочих мест.

Для расчета выбросов пыли, паров, аэрозолей, в основном ВВ, растворителей, красок использованы теоретический (балансовый), расчетно-аналитический (экспериментальный) и отчетно-статистический методы.

На основании результатов расчетов в идеологию разработанных техпроцессов и оборудования были заложены принципы и технические решения КНИИМа, исключающие или резко сокращающие выбросы вредных веществ в атмосферу, воду и почву. Основные решения, примененные в разработках, таковы:

1. Во всех созданных производствах было категорически исключено применение пара или горячей воды для непосредственного воздействия на заряд. Прогрев заряда допускается в пароводяном варианте только через корпус изделия или через обогреваемый оплавник.

2. В разработанных процессах до 90—100 % высвобождаемых взрывчатых материалов может использоваться в народнохозяйственных целях; имеются рецептурные и технологические решения этой задачи. Исключение составляют кассетные изделия, мелкий выстрел, экзотические взрывчатые материалы (количество последних варьирует в пределах от сотен килограмм до нескольких тонн).

3. Схемы технологических и сточных вод от установок вымывания и гидрорезки струей воды высокого и сверхвысокого давления, а также от промывки оборудования, загрязненные взвесями частиц ВВ, алюминия, красок, растворимыми нитросоединениями, закольцованы для многократного использования. Для цели водооборота, а также для очистки вод от ВВ при обеспечении ПДК в водоеме разработана автоматизированная установка модульного типа.

7. ОПЫТ ПРОИЗВОДСТВА ВЗРЫВНЫХ РАБОТ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ УТИЛИЗИРОВАННЫХ ВЗРЫВЧАТЫХ МАТЕРИАЛОВ*

7.1. ОТБОЙКА ГОРНЫХ ПОРОД

В наибольших объемах снятые с вооружения ВМ нашли применение на открытых горных работах для отбойки пород взрывным способом (метод скважинных зарядов) на горнодобывающих предприятиях цветной и черной металлургии, угольной промышленности, строительных материалов, транспортного строительства и гидростроительства.

Многообразие разрабатываемых горных пород, технологий и параметров ведения взрывных работ позволяет применять на массовых взрывах как нерасснаряженные боевые части боеприпасов (удлиненные и сосредоточенные заряды) и элементы расснаряженных боеприпасов (тротилогексогеносодержащие шашки, баллиститные шашки, зерненые пироксилиновые пороха), так и взрывчатые материалы, изготовленные на основе ВВ, извлеченных из боеприпасов после их расснаряжения (тротил-У, гранипоры, дибазит и др.).

Из утилизированных тротило-гексогеносодержащих ВМ на горных предприятиях хорошо зарекомендовали себя удлиненные заряды разминирования, шашки и тротил-У.

Удлиненным зарядам в металлических и мягких (капроновых) корпусах горняки отдают предпочтение из-за соответствия их геометрических размеров и форм размéрам и формам взрывных скважин, а также из-за возможности заряжания

*Раздел подготовлен А.Н. Северовым.

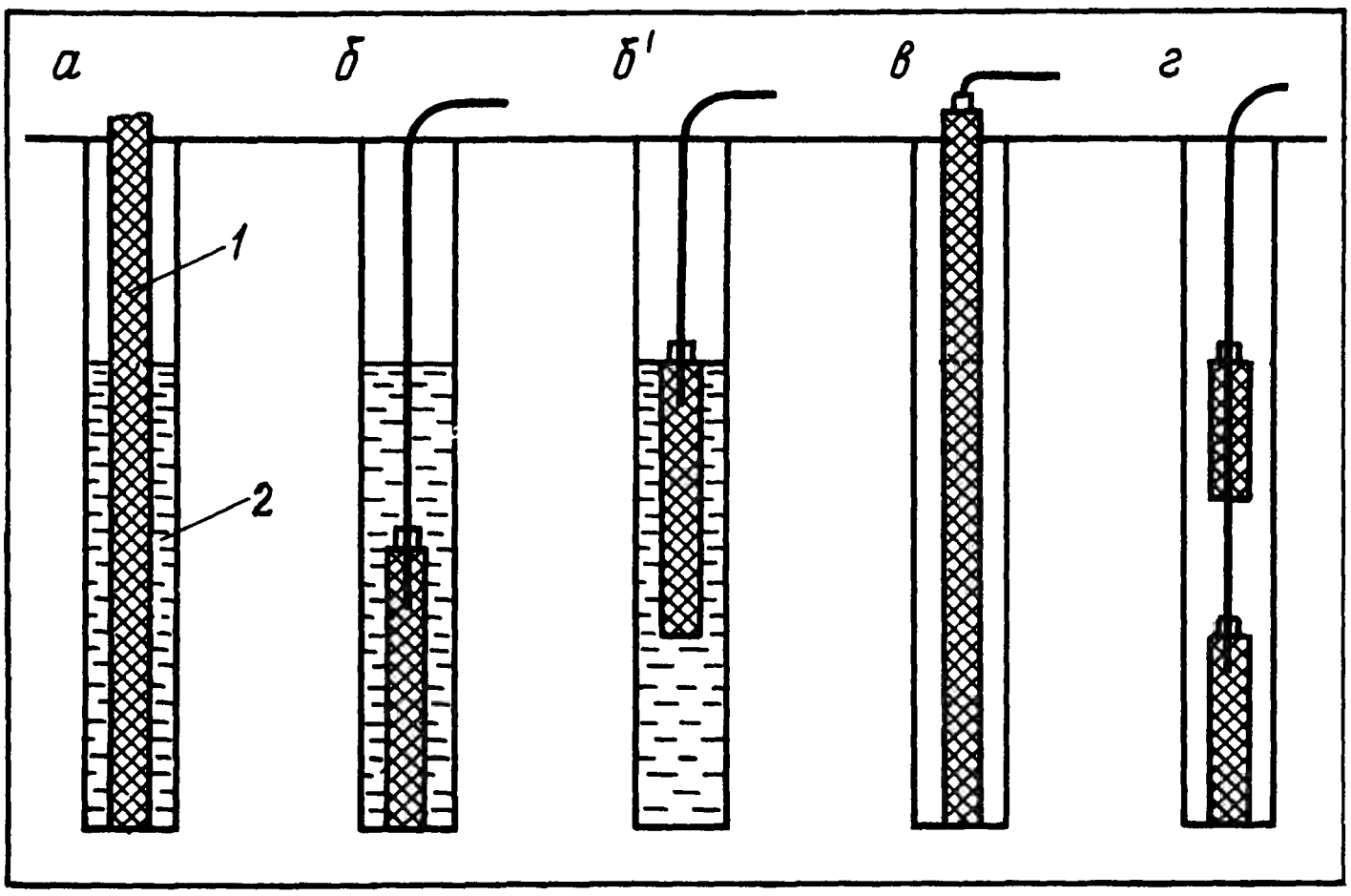

Рис. 7.1. Основные схемы (*а*–*г*) конструкций скважинных зарядов:
1 – удлиненный заряд; *2* – промышленное ВВ

скважин этими зарядами с помощью простейших, изготавливаемых на местах применения средств и механизмов.

Удлиненные заряды марок УЗ, ДКР-4, ШЗ-1, ШЗ-2 обычно используют как в сочетании со штатными промышленными ВМ, так и автономно. Выделим основные схемы конструкций скважинных зарядов с их использованием (рис. 7.1):

а) удлиненный заряд расположен по центральной оси скважины, а в промежутках между зарядом и стенками скважины располагается промышленное ВВ;

б) удлиненный заряд расположен по центральной оси скважины в определенной ее части (в донной, центральной или верхней части колонки скважинного заряда и т.д.); промежутки между зарядом и стенками скважины заполнены промышленным ВВ, в других частях скважины располагается только промышленное ВВ;

в) в скважине по высоте колонки скважинного заряда располагается только удлиненный заряд (при диаметре заряда, примерно равном 0,8 диаметра скважины);

г) в скважине по высоте колонки скважинного заряда располагаются два или более удлиненных заряда (при диаметре заряда менее 0,45 диаметра скважины).

Схема (а) обычно применяется для улучшения качества дробления горной массы по всему объему взрываемого блока. Схема (б) предназначена в основном для улучшения качества дробления горной массы в отдельных частях породного массива или для улучшения качества проработки подошвы уступа. В последнем случае иногда в донную часть скважины дополнительно вводят сосредоточенный заряд (различные мины, бомбы и другие боевые части боеприпасов, снаряженные высокобризантными ВВ на основе тротила и гексогена). По схемам (в, г) ведут взрывные работы без комбинации с промышленными ВВ.

Можно привести много других примеров использования тротило-гексогеносодержащих ВМ в сочетании как с промышленными, так и с другими утилизированными ВВ (пороха, гранипоры, дибазиты, тротил-У и др.).

В последнее время ввиду высокой стоимости бризантных ВВ, особенно водоустойчивых, широкое внедрение получила технология ведения взрывных работ с применением относительно дешевых низкочувствительных ВВ, а также доступной аммиачной селитры (ее раствора) в сочетании с удлиненными зарядами из высокобризантных тротило-гексогеновых составов. Конструкция заряда в этом случае соответствует первой схеме (см. рис. 7.1, *а*). Согласно этой схеме, удлиненный заряд выполняет роль линейного инициатора низкочувствительных ВВ или аммиачной селитры (ее раствора). За счет высокого инициирующего импульса удлиненного заряда, действующего на ВВ или аммиачную селитру по всей длине скважины и таким образом препятствующего затуханию детонации, достигается достаточно высокая работоспособность скважинного заряда, позволяющая добиться качественного дробления пород крепостью до 12 по шкале М.М. Протодьяконова.

Указанная технология длительное время успешно применялась на взрывных работах по отбойке горной массы на карьерах рудоуправления НПО "Сибруда". Специалистами НПО "Сибруда" совместно с институтом ВостНИГРИ было разработано и внедрено простое, но эффективное устройство для опускания зарядов УЗ в скважины, что позволило значительно снизить трудоемкость работ и сократить время заряжания скважин.

Работа устройства заключается в следующем (см. рис. 2.3). Вилочным ограничителем, установленным на основании устройства, закрепляется заряд УЗ4. Этот заряд посредством резьбового соединения сочленяется со следующим зарядом, который фиксируется шарнирным зажимом. Зажим закреплен на канате, пропущенном через систему роликов, образующих полиспаст. При освобождении заряда УЗ от вилочного ограничителя став из этих зарядов опускается на канате на длину одного заряда и опять стопорится вилочным ограничителем. Операция продолжается до формирования в скважине необходимой длины колонки из зарядов УЗ. Инициирование зарядов УЗ производилось как патронами аммонита 6ЖВ (сухие скважины), так и шашками типа Т-400Г (обводненные).

При использовании указанной технологии качество взрывных работ не уступало штатным технологиям (качество дробления горной массы было равномерным, выход негабарита — в пределах допустимого, проработка подошвы — качественная). Затухания детонации скважинных зарядов из аммиачной селитры не зафиксировано.

Заряды ДКР-4 применялись на карьере АО "Оленегорский ГОК" в качестве линейного инициатора скважинного заряда из акватола. В скважину заряды опускались вручную, после чего скважины заполнялись акватолом. Инициирование зарядов производилось от промежуточного детонатора — шашек типа Т-400Г, ТГ-500 и др. Заряды ШЗ применялись на карьерах АО "Ковдорский ГОК", "Апатиты", "Печенганикель", "Лебединский ГОК", "Трансвзрывпром" и других в качестве как линейного инициатора скважинных зарядов промышленных ВВ (типа акватол, граммонит 50/50, граммонит 79/21, гранулотол и др.), так и скважинного заряда (автономно) — в скважинах малого диаметра (105, 150 мм). Заряжание скважин зарядами ШЗ осуществлялось вручную, а инициирование зарядов — от промежуточного детонатора — шашек типа Т-400Г, ТГ-500 и др.

Тротиловые шашки на взрывных работах по отбойке горной массы использовались лишь эпизодически, что связано с небольшими объемами хранения шашек на базах и арсеналах Министерства обороны. Применялись стандартные шашки массой 75, 200, 400 г, а также шашки из зарядов ШЗ

и УЗ, оболочки которых ввиду длительного хранения пришли в негодность. В зависимости от требуемой плотности заряжания шашки располагались в скважине как в сочетании с гранулированными промышленными ВВ, так и без них. Основное требование к заряжанию скважин шашками — снятие с них зарядов статического электричества. Для этого на устье скважины устанавливалась заземленная металлическая воронка. Инициирование скважинного заряда из шашек производилось промежуточным детонатором — шашками типа Т-400Г, ТГ-500 и др.

Технология ведения взрывных работ с использованием тротиловых шашек применялась на карьерах АО "Гидроспецстрой", НПО "Сибруда".

На арсеналах и базах Министерства обороны сосредоточены огромные запасы боеприпасов (артиллерийские выстрелы, боевые части ракет, бомб, мин и пр.), которые, однако, без предварительной переработки не могут использоваться на взрывных работах методом скважинных зарядов. ВВ извлекаются из них механическим или другими способами (выплавка, вымывание горячей водой или паром, воздействие на изделие посредством криогенных температур, лазерная резка корпусов и т.д.). Извлеченный из боеприпасов тротил носит название **тротил-У (тротил утилизируемый)** и представляет собой куски ВВ определенного размера (при использовании механического дробления заряда ВВ боеприпаса) или однородную зернообразную массу (при извлечении ВВ из боеприпаса путем выплавки).

Производится тротил-У на арсеналах Министерства обороны или на предприятиях промышленности (химических заводах). При этом тротил затаривается в бумажные битумированные мешки и поставляется на горные предприятия. Область применения тротила-У — ведение взрывных работ на земной поверхности методом скважинных зарядов при отбойке горных пород. Заряжание скважин — ручное. Водоустойчивость тротила-У дает возможность использовать его в обводненных скважинах. Инициирование скважинного заряда из тротила-У производится от промежуточного детонатора — шашек типа Т-400Г, ТГ-500 и др.

Большинство горнодобывающих предприятий, расположенных вблизи объектов по производству тротила-У, име-

ют опыт применения его на взрывных работах. На породах крепостью до 14—16 по шкале М.М. Протодьяконова практически всегда получали положительные результаты.

Однако применение тротила-У имеет следующие технологические недостатки:

возможность только ручного заряжания приводит к необходимости соблюдения повышенных мер защиты органов дыхания и открытых частей тела взрывников от тротиловой пыли (лепестки, респираторы, перчатки, спецодежда и др.);

транспортирование в мешках вызывает при перегрузках (сбрасывании мешков) образование мелких пылевых фракций тротила и частые разрывы мешков с выбросами пыли в рабочей зоне; с связи с этим необходимы мешки повышенной прочности, а также средства индивидуальной защиты рабочих от контакта с тротиловой пылью.

Для дальнейшего успешного применения тротила-У следует механизировать работы по заряжанию, устранить повышенное пыление и разрывы мешков.

На взрывных работах по отбойке горных пород может использоваться также баллиститное ракетное твердое топливо (баллиститные шашки), пироксилиновые зерненые пороха и взрывчатые материалы, изготовленные на их основе. По химическому составу баллиститные топлива и пороха представляют собой смесь бризантных или близких к ним ВВ, способную при определенных условиях к детонации. В частности, диаметр заряда из указанных ВМ должен быть не ниже критического диаметра детонации, а масса и давление детонации боевика (инициатора) должны быть больше критического давления, возбуждающего детонацию такого заряда. В наибольшей мере этим условиям отвечают баллиститные шашки марок РСИ, РНДСИ, НМФ и зерненые пироксилиновые пороха. Максимальный критический диаметр детонации баллиститных шашек не превышает 19 мм, а зерненых пироксилиновых порохов (сухих) в зависимости от марки (размера зерна) находится в пределах 80—250 мм. Учитывая, что минимальный диаметр баллиститных шашек составляет 38 мм, а зерненые пироксилиновые пороха обладают хорошей сыпучестью и потопляемостью, что обеспечивает полное заполнение ВВ сечения взрывной скважины, в том числе в

обводненных условиях, эти взрывчатые материалы могут использоваться на взрывной отбойке горной массы при ручном заряжании скважин диаметром 105—250 мм.

Кроме того, на безопасность применения баллиститных шашек и зерненых пироксилиновых порохов на взрывных работах по отбойке горной массы скважинными зарядами влияет их чувствительность к механическим воздействиям — удару, трению. Чувствительность к механическим воздействиям баллиститных шашек марок РСИ, РНДСИ, НМФ и зерненого пироксилинового пороха хотя и находится в допустимых пределах (на уровне тротило-гексогеносодержащих составов), но все же выше штатных аммиачно-селитренных и тротилосодержащих ВВ. Поэтому указанные ВМ заряжают только ручным способом с соблюдением некоторых правил (опускание шашек в сухую скважину только на шнуре, веревке и т.д., предварительная флегматизация пироксилиновых порохов). Следует подчеркнуть, что в случае возгорания этих ВМ переход горения в детонацию исключен, что подтверждено многочисленными испытаниями.

Проведенные исследования показали также отсутствие взаимодействия шашек и порохов с сульфидными рудами. Высокая водоустойчивость шашек и порохов позволяет находиться им в обводненных условиях без потери взрывчатых характеристик до 3 мес.

Снятые с вооружения **баллиститные шашки** марок РСИ, РНДСИ, НМФ имеют внешний диаметр от 38 до 245 мм, что позволяет применять их при заряжании скважин любого диаметра, а наличие практически у всех шашек центрального сквозного канала делает удобным опускание их в скважину и монтаж скважинного заряда. Высокие взрывчатые характеристики шашек дают возможность использовать их при отбойке пород крепостью до 20 по шкале М.М. Протодьяконова.

Практика применения шашек на взрывных работах показала, что основными являются следующие схемы конструкции скважинных зарядов с использованием баллиститных шашек.

1. Из шашек (пучков шашек) формируется колонка скважинного заряда по всей длине заряжаемой части скважины. При этом диаметр шашек (пучков шашек) должен быть при-

близительно равен 0,8 диаметра скважины. Это необходимо для предотвращения застревания шашек (пучков шашек) при их опускании в скважину.

2. Колонка скважинного заряда формируется так же, а диаметр шашек (пучков шашек) приблизительно равен 0,8 диаметра скважины или меньше. Свободное пространство между стенками скважины и колонкой заряда из шашек заполняется промышленным ВВ.

3. Шашки (пучки шашек) располагаются в определенной части скважины по ее длине. Остальная часть скважины заполнена промышленным ВВ.

Первые две схемы используются для повышения мощности скважинного заряда, что основано на высоких взрывчатых и энергетических характеристиках баллиститных шашек и возможности их применения как в сочетании с промышленными ВВ, так и автономно. Третья схема целесообразна при необходимости более качественного дробления определенной части взрываемого блока. Это может быть подошва уступа при ее плохой проработке или верхняя часть блока, где увеличен выход негабарита, причем в случаях, когда высоту скважинного заряда по технологическим причинам нельзя увеличивать. Конструкции зарядов не ограничиваются этими схемами, и на практике встречаются вариации и комбинации с другими (рассредоточенные заряды, заряды с переменной мощностью и др.).

Широкое распространение получила технология использования баллиститных шашек в качестве мощного инициатора низкочувствительных ВВ и аммиачной селитры, несмотря на то, что игданит и аммиачная селитра на взрывных работах применяются уже не один десяток лет и в большинстве случаев их уже давно вытеснили более эффективные и технологичные ВВ. В период высоких цен на ВМ и особенно возросших затрат на их перевозку использование относительно дешевой и доступной аммиачной селитры (смеси АС—ДТ) стало весьма актуальным. Из различных вариантов конструкций скважинных зарядов можно выделить два основных.

1. Баллиститные шашки формируются в гирлянду (см. рис. 7.1, *а*), которая является мощным линейным инициатором аммиачной селитры, расположенной по всей длине скважины.

При этом наличие линейного инициатора постоянно поддерживает детонационную волну, распространяемую по заряду из низкоэнергетичной аммиачной селитры, не давая ей затухнуть.

2. Баллиститные шашки располагаются порционно по длине скважины, заполненной аммиачной селитрой. В этом случае они выполняют уже роль мощных точечных инициаторов.

Вторая схема с применением многоточечного инициирования менее распространена из-за необходимости монтажа боевика к каждому инициатору из баллиститных шашек. Поэтому она используется преимущественно на скважинах с небольшой длиной, где устанавливается не более двух или трех инициаторов. На предприятиях, разрабатывающих породы с небольшой крепостью, энергии скважинных зарядов из аммиачной селитры в сочетании с баллиститными шашками вполне достаточно, чтобы производить качественную отбойку. В случае более крепких пород иногда добавляют в заряд до 5 % дизельного топлива, т.е. работают уже практически с игданитами.

Существенным недостатком технологии взрывных работ с использованием аммиачной селитры (игданита) является ее неводоустойчивость, что ограничивает область применения этого ВВ сухими скважинами или сухой частью обводненных скважин. На некоторых предприятиях для заряжания аммиачной селитры и баллиститных шашек в обводненные скважины применяют полиэтиленовые рукава. Другой недостаток указанной технологии — трудоемкость и длительность зарядных работ. Поэтому в процессе работы с аммиачной селитрой используют зарядные машины.

В последние годы интенсивно развивается производство ВВ непосредственно на горных предприятиях. Помимо игданита это такие ВВ, как акватол, ГЛТ, ифзаниты, порэмиты, комбизары, граммониты и т.д.

В качестве линейных инициаторов скважинных зарядов из таких ВВ также нашли широкое применение баллиститные шашки. Для определения безопасности работ с такими ВВ в комбинации с шашками проводились различные исследования. Так, перед использованием шашек в качестве линейного

инициатора зарядов акватола Т-20ГМ на АО "Оленегорский ГОК" была исследована термическая совместимость заряда акватола с шашками. При этом использовалась методика "Вулкан" – наиболее совершенная методика определения критических условий возникновения теплового взрыва. В результате исследований подтверждено отсутствие теплового самовоспламенения для условий бесконечного комбинированного заряда из смеси акватола Т-20ГМ и баллиститных шашек с начальной температурой 95 °С и температурой на границе окружающей среды 25 °С.

Из всего вышеизложенного видно, что баллиститные шашки, как в сочетании с различными ВВ, так и без них, широко применяются на взрывных работах по отбойке горной массы. Естественно, что в основном такие технологии использовались на предприятиях с небольшим объемом взрывных работ и с ручным заряжанием скважин (карьеры строительных материалов и небольшие рудоуправления).

Отметим некоторые специфические особенности использования баллиститных шашек.

Для обеспечения надежной и полной их детонации необходим мощный инициирующий импульс. Теоретически начальное давление детонационной волны должно составлять 6 – 7 ГПа. Это подтверждено многочисленными экспериментальными исследованиями, поэтому в качестве боевика рекомендовано использовать тротиловые шашки типа Т-400Г, ТГ-500 и другие общей массой не менее 0,8 кг. Кроме того, на основании проведенных экспериментов рекомендуется верхнее инициирование скважинного заряда из баллиститных шашек. Это объясняется их метательными свойствами, в связи с чем во избежание "выстреливания" заряда из скважины не следует располагать боевик в нижней части скважины. Поэтому к качеству забойки предъявляют повышенные требования (песок, мелкие фракции породы, длина не менее 5,0 м).

Экспериментальные исследования показали также, что расстояния по передаче детонации для баллиститных шашек в зависимости от их марок находятся в пределах 6 – 20 мм. Учитывая такие малые расстояния, шашки в скважине необходимо располагать вплотную друг к другу, без зазоров.

Уже отмечалась повышенная чувствительность баллистит-

ных шашек к механическим воздействиям. Ввиду этого самым благоприятным и безопасным условием для их применения является наличие воды в скважинах. Так, в полностью обводненные скважины допускается заряжать шашки путем их свободного погружения, что значительно сокращает время зарядных работ. Однако при этом следует четко следить за состоянием таких скважин и во избежание застревания шашек заряжать ими только ненарушенные скважины, без выступов и заколов по всей длине. В сухие скважины шашки следует опускать только на шнуре из хлопчатобумажных или синтетических нитей. Предел прочности такого шнура должен не менее чем в 5 раз превышать массу одновременно опускаемых шашек. В частично обводненные скважины шашки допускается опускать на шнуре до уровня воды, а дальше — путем их свободного погружения. У некоторых шашек поверхность покрыта негорючим бронирующим составом. Заряжание таких шашек в сухие скважины разрешается производить путем сброса, так как при трении и ударах о стенки скважины отсутствуют механические воздействия на саму шашку.

Приведем некоторые примеры применения баллиститных шашек на горных предприятиях.

На Афанасьевском карьере Московского филиала АООТ "Трансвзрывпром", разрабатывающем известняки крепостью 9—10 по шкале М.М. Протодьяконова, шашками заряжались скважины диаметром 155 мм, глубиной 5,5—6,4 м. Высота столба воды 1,0—1,5 м. При штатной технологии ведения работ преимущественно применялся граммонит 30/70. Баллиститные шашки марки РСИ, используемые для заряжания скважин, представляли собой четвертую часть цилиндра, рассеченного двумя взаимно перпендикулярными плоскостями по всей длине. Поверхность шашки по дуге сектора покрыта негорючим бронесоставом. Наибольший размер шашки (между двумя точками сегмента) составляет 138 мм, наименьший (радиус сектора) — 92 мм. Масса шашки — 11,4 кг.

Скважинный заряд формировался следующим образом. Шашки опускали в скважину на капроновом шнуре, в виде петли, продетой сквозь осевое отверстие, и после достижения шашкой забоя скважины или ранее опущенной шашки шнур за один конец вытягивали на поверхность. Проме-

жуточный детонатор из двух шашек Т-400Г и детонирующего шнура ДШЭ-12 крепился к торцевой поверхности последней шашки. Крепление производилось при помощи ДШ, продеваемого сквозь центральные отверстия баллиститной шашки и шашек Т-400Г. После опускания шашки с боевиком сверху на боевик досыпали 20—25 кг граммонита 79/21, после чего производили забойку скважины буровым шламом. Взрывание скважинных зарядов — мгновенное.

Первый экспериментальный взрыв оценивался визуально до и после экскавации горной массы. Полученные результаты сравнивали с результатами взрывов, ранее проведенных на данном уступе с использованием граммонита 30/70. Установлено, что все скважинные заряды полностью сдетонировали. Качество дробления — на уровне применения штатных ВВ. Проработка подошвы превысила расчетный уровень, что позволило в дальнейшем снизить общую массу заряда в скважине, а следовательно, удельный расход ВВ. Кроме того, на отдельных блоках за счет качественного дробления была раздвинута сетка скважин, что также отразилось на экономическом эффекте.

Баллиститные шашки успешно применялись и на карьерах Высокогорского ГОКа и Гороблагодатского рудоуправления. Разрабатываемые породы первого — брекчиевидные известняки (крепость f по шкале М.М. Протодьяконова — 5—6), скальные грубораслацованные авгитовые порфириты ($f = 6—7$), сильнотрещиноватые известняки с прослойками глины ($f = 5—6$). Разрабатываемые породы второго — скарнированные слоистые туфы и кварциты ($f = 10—12$).

Шашки заряжались в скважины диаметром 250 мм, глубиной 11,0—17,5 м, высота столба воды в скважинах — до 13 м. Перед заряжанием шашки связывались по четыре, в результате получался цилиндрический пучок диаметром около 220 мм. К последнему пучку крепился промежуточный детонатор, состоящий из двух шашек Т-400Г или ТГ-500 и детонирующего шнура ДШЭ-12. Сверху пучка с боевиком досыпали 40—80 кг гранулотола. На некоторых блоках, сложенных сильнотрещиноватыми породами, для предотвращения застревания пучков из шашек в нарушенных скважинах пучки вязались из трех шашек (диаметр пучка составлял около 200 мм), а свободное пространство между

стенками скважины и колонкой заряда из шашек заполнялось гранулотолом.

В сухие и частично обводненные скважины пучки из шашек опускались на веревке, предварительно испытанной на прочность, а в полностью обводненные скважины и в скважины, в которых в процессе заряжания уровень воды поднимался до устья, — путем свободного погружения. В результате проведенных опытных взрывов установлено следующее:

баллиститные шашки устойчиво и надежно детонируют от промежуточного детонатора, состоящего из двух шашек Т-400Г или ТГ-500;

случаев отказа, выгорания и неполной детонации не зафиксировано;

дробление горной массы и проработка подошвы — качественные;

по своему разрушающему действию баллиститные шашки соответствуют промышленным ВВ типа гранулотол, граммонит 79/21.

Применение указанной технологии ведения взрывных работ позволило резко сократить расходы на эти работы, а в ряде случаев получить более высокое качество дробления и проработки подошвы.

Использование **пироксилиновых зерненых порохов** на взрывных работах, в том числе и на отбойке горной массы, началось после первой мировой войны. В 1923 г. М. Сухаревский показал возможность применения бездымных порохов (пироксилиновые пороха представляют собой наибольшую часть бездымных порохов) для ведения взрывных работ. В 1939 г. польский ученый Урбанский доказал, что между бездымными порохами и бризантными ВВ не существует коренного различия: те и другие близки по своим взрывчатым свойствам и хорошо детонируют с очень большими скоростями, доходящими до 8000 м/с.

Для возбуждения в порохах устойчивой детонации в большинстве случаев требуется наличие промежуточного детонатора.

После второй мировой войны пироксилиновые зерненые пороха в большом объеме применялись на многочисленных объектах народного хозяйства. В настоящее время интерес к использованию порохов на взрывных работах сильно вырос.

Это объясняется, с одной стороны, возросшими объемами взрывных работ и громадными запасами порохов на арсеналах Министерства обороны, а с другой, — резко выросшими ценами на промышленные ВВ, особенно водоустойчивые.

Применению пироксилиновых порохов в обводненных условиях способствует одно весьма существенное обстоятельство. В 1943—1945 гг. Н.М. Сытый впервые установил, что водонаполненные пироксилиновые пороха дают значительно лучший взрывной эффект, чем сухой порох. В отличие от широко распространенных аммиачно-селитренных ВВ, детонационная способность которых в увлажненном состоянии очень сильно снижается, зерненые пироксилиновые пороха в присутствии воды превосходно детонируют с бризантным эффектом, значительно превосходящим бризантный эффект сухих аммиачно-селитренных ВВ равной насыпной плотности. Таким образом, Н.М. Сытый показал, что пороха можно с успехом применять в обводненных условиях. Кроме того, был обнаружен еще один положительный факт. Бризантный эффект, как и скорость детонации пороха в водонаполненном состоянии, значительно выше, чем у сухого пороха.

Давно известно, что в некоторых случаях вода может оказать положительное действие при детонации ВВ. Более 100 лет назад, еще задолго до открытия пироксилинового пороха, Абелем было установлено, что влажный прессованный пироксилин детонирует с большей скоростью, чем сухой. Влажный азид свинца с содержанием воды 30 % детонирует не хуже, чем сухой, а флегматизированная парафином гремучая ртуть детонирует с более высокой скоростью, чем чистая гремучая ртуть. Более того, в 1938—1939 гг. Урбанский и Галяс выявили, что ТЭН, гексоген и другие ВВ детонируют с повышенной скоростью в присутствии не только воды, но и органических жидкостей.

Весь этот комплекс вопросов, связанных с выяснением причин влияния воды и других веществ на детонацию порохов и ВВ, был рассмотрен А.Я. Апиным в 1945 г. Было выяснено, что вода, глицерин (и т.п.) играют роль инертных наполнителей. Установлено также, что пороха и ВВ в присутствии инертных наполнителей ведут себя двояко: в одних случаях их бризантное действие повышается, в других —

понижается. Тем не менее раньше бездымные пороха и, в частности, пироксилиновые применялись весьма ограниченно. Вернее, были только попытки использования порохов в качестве либо самостоятельного бризантного ВВ (для этого требовалась весьма опасная и дорогостоящая заводская переработка пороха в патроны ВВ слабой мощности), либо добавок к бризантным ВВ (в практике треста "Союзвзрывпром"), при этом иногда количество бризантных ВВ достигало 50 %. Как в первом, так и во втором случае пироксилиновые пороха использовались в сухом виде с обязательным соблюдением традиционного правила: "Держи порох сухим". В этих случаях пороха работали как весьма слабое бризантное ВВ. Сотрудники Союзвзрывпрома сделали заключение о том, что использование порохов возможно лишь при их измельчении и переработке с целью полного или частичного удаления из них флегматизаторов.

Ознакомившись позже с новыми методами возбуждения детонации бездымных порохов, разработанными Н.М. Сытым при консультации профессора Г.И. Покровского и академика М.А. Лаврентьева, работники Союзвзрывпрома также пришли к выводу о целесообразности взрывания в воде или введения воды непосредственно в заряд, т.е. о возможности использования пироксилинового пороха в качестве самостоятельных бризантных ВВ повышенной мощности, не прибегая к какой-либо технологической переработке его.

Известно, что пироксилиновые пороха разлагаются тем быстрее, чем выше давление, поэтому сжигание на открытом воздухе даже значительных количеств порохов проходит относительно медленно. Вместе с тем работа порохового заряда при прочной оболочке малоэффективна, так как значительное количество энергии расходуется на разрушение оболочки.

Был изучен вопрос инерции при детонации зарядов бризантных ВВ после воздействия инициирующего импульса, причем был установлен существующий в этом случае порядок величин. Если пороховому заряду сообщить детонационные свойства, а скорость взрывчатого распада порохов довести до скорости разложения современных бризантных ВВ (т.е. порядка 0,000125 – 0,00025 с на 1 м заряда), то только на этот ничтожно малый промежуток времени и нужна оболочка для

порохового заряда. Переход энергии из одного состояния в другое также связан со временем. В частности, для перехода воды в пар также необходимо время. Это время во много раз больше, чем время детонации существующих бризантных ВВ. Поэтому, если заключить пороховой заряд в водную оболочку и заставить его разлагаться со скоростью современных бризантных ВВ, то в этот ничтожно малый промежуток времени вода не успеет превратиться в пар и сохранит свое свойство практически несжимаемого вещества, хорошо передающего давление от слоя к слою. В этом случае происходит интенсивное всестороннее обжатие отдельных пороховых зерен.

После прохождения детонационной волны через заряд пороха выделившаяся в результате химического распада энергия превратит воду в пар. Таким образом увеличится общее количество газов и будут созданы лучшие условия для полезной работы заряда. Вышеуказанное привело к мысли использовать воду в качестве среды, заполняющей промежутки между отдельными пороховыми зернами, и в качестве своеобразной оболочки для пороховых зарядов.

Трудность инициирования пороховых зарядов, между зернами которых расположена вода, заключалась в том, что требовался достаточно мощный промежуточный детонатор. Так, для мелкозернистого пироксилинового пороха (марок ВЛ, ВТ, 4/1, 5/7) достаточен промежуточный детонатор массой в 30—40 г тротила, а для крупных зерен порохов (марок 7/7, 8/7, 9/7, 12/7, 15/7) его надо увеличить до 500—600 г тротила.

Исследования и эксперименты показали, что использование промежуточного детонатора из двух шашек типа Т-400Г, ТГ-500 (и т.д.) позволяет надежно инициировать скважинный заряд из пироксилинового пороха различных марок.

Во избежание "выстреливания" заряда из скважины располагать промежуточный детонатор следует в его верхней части. Многие предприятия для надежности детонации, особенно в скважинах с высотой колонки заряда более 10 м, устанавливают два боевика — один в верхней части заряда, другой — в нижней.

Уже отмечалась повышенная чувствительность пироксилиновых порохов к механическим воздействиям. Поэтому заряжание порохов в скважины без предварительной флегмати-

зацити связано с опасностью их возгорания. Существуют способы флегматизации порохов нефтепродуктами (индустриальное масло, дизельное топливо), другими органическими добавками и водой.

Наибольшее распространение получила флегматизация порохов водой. Она производится в следующем порядке. Доставленные на заряжаемый блок пироксилиновые зерненые пороха в штатной упаковке (оцинкованные металлические короба) разгружаются в непосредственной близости от места ведения работ, после чего расставляются около каждой скважины (в соответствии с проектом буровзрывных работ). Затем во вскрытые короба по самую горловину заливается вода. Для этого могут использоваться специализированные машины (поливальные, водовозные и т.д.). Через 5 мин после заливания в короб воды порох, находящийся в нем, может заряжаться в скважину.

Флегматизация пороха индустриальным маслом или дизельным топливом осуществляется аналогичным образом, за исключением дополнительного тщательного перемешивания полученной суспензии лопаткой, изготовленной из материала, не дающего искру. Однако в связи с высокой стоимостью данных флегматизаторов и их большим расходом для качественного смачивания зерен порохов этот способ применяется, как правило, только в зимнее время, когда использование воды невозможно или связано с рядом трудностей.

Заполняют скважину порохом путем опрокидывания короба с находящейся в нем суспензией. После заряжания скважин порохом и установки промежуточных детонаторов выполняют забойку скважин и монтаж взрывной сети. В настоящее время на взрывных работах по отбойке горной массы уже использованы десятки тысяч тонн пироксилиновых зерненых порохов.

При взрыве пороховых зарядов, насыщенных водой, среди продуктов детонации находится много свободного углерода и его оксида, что свидетельствует о низком коэффициенте полезного использования энергии, заключенной в порохах. Максимально использовать энергию порохов можно путем добавления к ним вещества с положительным кислородным балансом для сбалансированности получаю-

щейся смеси по соотношению горючих и окислительных элементов. Одним из наиболее дешевых и распространенных веществ, обладающих положительным кислородным балансом, является аммиачная селитра. Расчет показывает, что в этом случае соотношение между порохом и аммиачной селитрой должно быть порядка 1 : 1,2. Это соотношение выведено из уравнения окисления тринитроклетчатки (основная часть пироксилинового пороха). Проведенные опыты показали, что эти смеси обладают хорошими детонационными свойствами. Положительные результаты дало использование в качестве наполнителя насыщенного раствора аммиачной селитры. Данная технология взрывных работ также нашла применение.

Основное преимущество вышеуказанных технологий — замена порохами дорогостоящих водоустойчивых промышленных ВВ без потери работоспособности, а часто и при лучших результатах. К недостаткам можно отнести относительно высокую трудоемкость работ, связанную с ручным заряжанием, нетехнологичной для погрузочно-разгрузочных работ тарой и обязательным процессом флегматизации.

Работы по устранению этих недостатков привели к созданию промышленных водоустойчивых ВВ — гранипоров. В настоящее время существует около десяти их марок.

Необходимо отметить некоторые особенности применения этих ВВ.

Многие предприятия, ведущие взрывные работы, при использовании гранулотола и других ВВ во время заряжания ими обводненных скважин в период низких температур сталкивались со случаями образования на поверхности воды труднопотопляемых пробок из ВВ. При использовании гранипоров и пироксилиновых зерненых порохов за счет высокой плотности пороховых зерен потопление ВВ происходит в нормальном режиме. Массовые взрывы с применением данных ВВ отличаются мягким действием взрыва и пониженной сейсмической волной, что немаловажно для ведения взрывных работ на карьерах, расположенных рядом с населенными пунктами или технологическими объектами. Развалы отбитой горной массы, полученные при использовании гранипоров и порохов, отличаются правильными формами.

Для оценки эффективности применения ВВ с утилизированными боеприпасами по сравнению со штатной технологией ведения взрывных работ выделяется опытный блок, который делится на две части. Одна из частей блока заряжается штатным промышленным ВВ, а другая — предлагаемыми. Расчет параметров буровзрывных работ производится для всего блока применительно к штатной технологии отбойки горной массы.. После проведения массового взрыва оценивается эффективность применения предлагаемых ВВ по сравнению со штатными. На основании оценки работоспособности новых ВВ корректируются параметры работ, по которым проектируются следующие взрывы. При определении оптимальных параметров работ с использованием новых ВВ составляется типовой проект ведения взрывных работ, который утверждается руководителем предприятия.

7.2. КОНТУРНОЕ ВЗРЫВАНИЕ

На карьерах применяются два основных метода контурного взрывания: 1) предварительного щелеобразования, когда по проектному контуру борта карьера или выемки бурят ряд сближенных скважин, обычно уменьшенного диаметра (60—105 мм); 2) завершающего контурного взрывания, когда разрушаемый объект дорабатывается до проектного контура контурными взрывными скважинами.

Физическая сущность действия взрывов при контурном взрывании основана на учете различных форм проявления действия взрыва двух (или нескольких) зарядов, взрываемых одновременно при изменении расстояния между ними. Во всех случаях вокруг заряда образуется зона разрушения, размеры которой при контурном взрывании должны быть минимальны. Это достигается путем применения зарядов специальной конструкции, уменьшения плотности заряжания, а также подбора ВВ с минимальным бризантным действием. Для этого на практике создают радиальный зазор между патроном ВВ и стенками скважины, так как известно, что давление газов взрыва обратно пропорционально плотности заряжания при одновременном взрыве двух рядом расположенных зарядов, а поле напряжений на линии, соединяю-

щей скважинные заряды, оказывается выше, чем во всех других направлениях. Поскольку скорость роста трещин увеличивается с ростом напряжений, то на линии, соединяющей заряды, в первую очередь образуются трещины, при этом происходит прорыв газов в атмосферу с резким снижением давления в зарядных камерах.

Разрушительное действие таких зарядов при небольшой плотности заряжания очень ограниченно. На массиве остается 30—50 % окружности поперечного сечения скважин без видимых следов разрушения стенок.

При предварительном щелеобразовании контурные заряды лучше взрывать заранее, до бурения скважин рыхления. Если это невозможно, то оконтуривающие скважины взрывают с опережением не менее 100 мс в средних и не менее 75 мс в крепких породах. Заряд ВВ в оконтуривающих скважинах должен быть равномерно распределен по всей их длине. Концентрация заряда ВВ в таких скважинах должна быть около 0,5—0,1 концентрации полностью заряженной скважины.

Для заряжания контурных скважин используют различные шланговые заряды, а также заряды в виде гирлянд. В настоящее время шланговые заряды практически не выпускаются промышленностью. Кроме того, у них высокая стоимость. Поэтому многие предприятия для заряжания контурных скважин монтируют гирлянды из патронированных ВВ, как правило, аммонита 6ЖВ диаметром 90 мм.

В распоряжении Министерства обороны находится целый ряд удлиненных зарядов различной конструкции и элементов боеприпасов, годных для заряжания контурных скважин. Применение их резко снижает трудоемкость и стоимость контурного взрывания.

По своей конструкции для заряжания контурных скважин наиболее подходят удлиненные заряды типа УЗ, ДКР-4, ШЗ-1, ШЗ-2. Гирлянда из зарядов УЗ собирается на поверхности путем их сочленения между собой или непосредственно при опускании в скважину с помощью зарядного устройства. Гирлянды из зарядов ДКР-4, ШЗ-1, ШЗ-2 собираются на поверхности путем их деления на отрезки, длина которых соответствует паспортам буровзрывных работ. Технология заряжания контурных скважин зарядами УЗ широко применя-

лась на карьере АО "Лебединский ГОК". Для заоткоски бортов бурились наклонные скважины диаметром 250 мм параллельно заоткашиваемому борту в один ряд через 2 м. В скважину опускалась предварительно смонтированная на поверхности гирлянда из зарядов УЗ. В этом случае на 1 м скважины приходилось 2,73 кг тротила. Инициирование гирлянды производилось одним патроном аммонита 6ЖВ диаметром 32 мм, прикрепленным к боковой поверхности верхней части гирлянды. Взрывание мгновенное с помощью ДШ.

Применение зарядов УЗ для контурного взрывания по сравнению с зарядами из патронированного аммонита 6ЖВ диаметром 90 мм имело следующие преимущества:

а) трудоемкость сборки гирлянды из зарядов УЗ и заряжания скважин этими зарядами соответственно в 3 и 2 раза ниже трудоемкости аналогичных процессов при использовании аммонита;

б) заряды УЗ водоустойчивы, поэтому существует возможность заряжания скважин за несколько дней до взрыва;

в) в отличие от аммонита отсутствует разница в трудоемкости работ по заряжанию сухих и обводненных скважин зарядами УЗ;

г) колонка скважинного заряда из зарядов УЗ в отличие от гирлянды из аммонита, которая подвешивается на поверхности, просто ставится на дно скважины.

В АО "Лебединский ГОК" и на целом ряде других крупных предприятий, использующих на взрывных работах технологию контурного взрывания, также применялись заряды ДКР-4, ШЗ-1, ШЗ-2. Преимущества этих зарядов, по сравнению со штатными ВМ, в целом те же.

В зависимости от горно-геологических условий и технологических особенностей ведения горных работ вышеперечисленные удлиненные заряды могут использоваться практически на всех предприятиях, выполняющих работы по контурному взрыванию.

Широкая номенклатура баллиститных шашек позволяет применять их для контурного взрывания на всех породах и при любых диаметрах скважин и других параметрах штатных технологий ведения взрывных работ. Кроме того, водоустойчивость шашек дает возможность вести работы в

скважинах с любой степенью обводненности, а наличие практически у всех шашек центрального осевого канала существенно упрощает работы по сборке гирлянды ВВ.

Долгое время баллиститные шашки успешно применялись на контурном взрывании в Тейском рудоуправлении НПО "Сибруда". Использовались шашки различных типоразмеров как в вертикальных, так и в наклонных контурных скважинах. Гирлянды для контурных скважин монтировались двумя способами:

1) на поверхности — путем продевания предварительно испытанной на прочность веревки из синтетических или хлопчатобумажных нитей через сквозные осевые отверстия шашек и последующего опускания готовой гирлянды в скважину;

2) непосредственно в скважине; при этом предварительно испытанная веревка продевалась сквозь сквозные осевые отверстия нескольких баллиститных шашек, после чего они на этой веревке опускались в скважину; далее по этой веревке, как по направляющей, опускались в скважину поштучно остальные шашки.

Второй способ формирования гирлянды сокращает время зарядки и исключает взаимодействие шашек со стенками скважины. Промежуточный детонатор, состоящий из двух шашек типа Т-400Г и детонирующего шнура, крепится к верхней шашке, а конец веревки крепится на прочной рейке, расположенной на устье скважины. Промежуточный детонатор, состоящий из двух шашек типа Т-400Г и детонирующего шнура, крепится к верхней шашке, а конец веревки — на прочной рейке, расположенной на устье скважины. Приведенная технология резко сократила время и трудоемкость заряжания контурных скважин.

7.3. СОЗДАНИЕ ПРОФИЛЬНЫХ ВЫЕМОК

Создание профильных выемок — широко распространенный вид горных работ, применяемый в транспортном, гидротехническом, гражданском и других видах строительства. Так, в гидромелиоративном строительстве эти работы проводятся при спрямлении, углублении и расширении русла малых и средних рек, устройстве больших магистральных осушитель-

ных каналов, углублении существующих магистральных каналов, создании дренажных полос, строительстве дамб и котлованов и т.д. В дорожном строительстве — при профилировании участков дорог, создании полостей под основания мостовых опор, сооружении дорожных пересечений на различных уровнях, устройстве экранов вдоль полотна дороги для борьбы с пучением, полостей для водосбора вдоль дороги и т.д.

Наряду с широкой механизацией земляных работ использование взрывного способа в ряде случаев является наиболее эффективным и простым. Существенное преимущество взрывного метода состоит в значительной скорости производства земляных работ, возможности выполнения их в любое время года и в различных горно-геологических условиях, снижении трудоемкости и уменьшении их капиталоемкости. Земляные работы взрывными методами выполняются с привлечением незначительного количества людей и техники, что способствует снижению сопутствующих капиталовложений.

Для улучшения технико-экономических показателей применения взрывного метода в строительстве профильных выемок и повышения качества работ важную роль играет правильный выбор технологии и организации выполнения работ. Раньше основной технологией ведения таких работ было размещение зарядов ВВ в шурфах, камерах или скважинах большого диаметра. При этом затрачивалось значительное время на подготовительные работы. Такой способ был заимствован из горной промышленности и не совсем соответствовал требованиям строительства выемок: создавалась неровная поверхность откосов, нарушающая их устойчивость, а на дне образовывались перемычки, приходилось дополнительно применять землеройную технику.

В последнее время технология строительства профильных выемок значительно усовершенствовалась, и основным методом на отдельных работах стало использование зарядов большой длины. Такая технология обеспечивает поточное ведение земляных работ и значительно увеличивает КПД энергии взрыва. Основным способом использования зарядов большой длины с помощью землеройной техники является способ траншейных зарядов, при котором в подготовленную траншею укладываются заряды ВВ значительной длины.

Различают два основных направления работ: 1) строительство каналов небольшого сечения; для этого используются шланговые (кабельные) заряды, имеющие относительно небольшую линейную массу; 2) строительство каналов большого сечения, для чего требуются заряды ВВ соответственно большей массы; это могут быть заряды, получаемые путем укладки ВВ в мешках или путем непосредственного засыпания ВВ в траншею; в большинстве случаев здесь применяют промышленные гранулированные ВВ, а в обводненных грунтах — водоустойчивые ВВ.

Для создания выемок небольшого сечения с помощью траншейных зарядов широко используются удлиненные заряды типа УЗ, ДКР-4, ШЗ-1, ШЗ-2 и др. Технология заряжания ими траншей проста, а конструкция зарядов позволяет быстро соединять их между собой. Для формирования выемок большего сечения нашли применение боевые части самого широкого спектра боеприпасов — относительно небольшие противотанковые мины массой 6—7 кг, более крупные боевые части различных бомб, мин, торпед, снарядов, ракет и т.д.

Эти заряды и боеприпасы широко использовались и при ведении работ методом шурфовых, камерных и других зарядов при строительстве выемок, а также крупномасштабных взрывах (например, при строительстве плотин гидроэлектростанций). Опыт применения боевых частей боеприпасов при строительстве профильных выемок велик. Эти технологии вошли в практику работ Союзвзрывпрома, Трансвзрывпрома и Гидроспецстроя.

Основные преимущества таких технологий — относительно низкая стоимость применяемых ВВ, их водоустойчивость и простота зарядных работ.

Для создания профильных выемок имеется опыт использования зерненых пироксилиновых порохов и баллиститных шашек.

Массовое применение взрывного способа производства работ на выброс при строительстве профильных выемок в обводненных условиях несколько ограничивается тем, что неводоустойчивые промышленные ВВ требуют наличия водонепроницаемой оболочки, что увеличивает их стоимость, а водоустойчивые ВВ имеют сравнительно высокую стоимость.

В случае использования для земляных работ в водонасыщенных грунтах пироксилиновых зерненых порохов для зарядов не требуется водонепроницаемая оболочка. Кроме того, стоимость порохов значительно ниже стоимости промышленных ВВ. Этот метод широко применялся в Киргизии на строительстве гидроэлектространций, ирригационных каналов, при дроблении скальных массивов на горных сплавных реках, а также на Украине при мелиоративных работах: осушении заболоченных площадей, спрямлении русел рек, строительстве магистральных каналов, в торфяной промышленности и т.д.

Так, при проведении земляных работ в водонасыщенных грунтах по спрямлению р. Ирпень и ее притоков для укладки зарядов по оси проектируемого канала или участка спрямления реки отрывалась траншея шириной от 0,4 до 0,8 м, причем бóльшая ширина траншеи соответствовала ее большей глубине. Глубина траншеи, т.е. глубина заложения зарядов, устанавливалась в зависимости от глубины проектируемого канала. Порох помещался в марлевые мешки, которые затем укладывались в траншею по всей ее длине вплотную, торец к торцу. При укладке в разжиженный грунт дна траншеи во избежание возможных разрывов между отдельными одиночными зарядами они связывались друг с другом шпагатом внахлест. Кроме сосредоточенных зарядов ВВ в мешках из пороха также формировались удлиненные заряды длиной 10—12 м. На одном из концов траншеи к уложенному таким образом удлиненному (горизонтальному) заряду для усиления инициирующего импульса крепился промежуточный детонатор из тротила массой около 1 кг. Недостаток этой технологии, связанный с заключением пороха в оболочки, может быть устранен путем применения порохов без оболочек.

Для спрямления русла реки при производстве взрывов удлиненными зарядами из пироксилиновых порохов без оболочки по оси проектируемого спрямления отрывалась траншея, в которую засыпался порох непрерывной полосой одинаковой толщины. Затем на одном конце траншеи устанавливался промежуточнй детонатор. Забойкой заряда служил вынутый из траншеи грунт, который засыпался прямо на уложенный в ней порох. Глубина траншеи (т.е. глубина заложения зарядов без оболочки) была 1,8 м, средняя ширина

0,6 м. Грунт, в котором производились взрывы, — средне- и слаборазложившийся торф с зольностью 20—25 %. Уровень грунтовых вод — в среднем 0,5 м от поверхности земли. Общая длина порохового заряда 118 м. Для достижения равномерной засыпки пороха в траншею использовалась металлическая (из жести) цилиндрическая форма длиной 1—2 м, состоящая из двух равных половин. С одной стороны половинки соединены между собой на петлях, с другой — на крючьях. Форма имела два откидных донышка. В нее засыпали порох и, закрыв донышки, подносили к траншее. Над траншеей, вблизи дна, при закрытых донышках половинки формы раскрывались, и порох высыпался в траншею.

Размеры поперечного сечения каналов, получаемых после взрыва удлиненных зарядов, зависят от диаметра заряда, глубины его заложения и рода грунта.

Приведем эмпирические формулы, выведенные на основании наблюдений, для определения диаметра заряда из зернового пироксилинового пороха и глубины его заложения.

Диаметр удлиненного заряда D (в см) можно определить по формуле

$$D = 2{,}87(Sm)^{1/2},$$

где S — поперечное сечение канала, м^2; m — средняя масса 1 м^3 грунта естественной влажности, т.

Глубина заложения удлиненного заряда H (в м) может быть найдена по формуле

$$H = 0{,}15(D^2)^{1/3}.$$

Расход пороха на 1 м заряда вычисляется по формуле

$$M = 0{,}0675D^2,$$

где M — масса 1 м заряда, кг; D — диаметр заряда, см.

Применение баллиститных шашек на взрывных работах по созданию профильных выемок аналогично применению удлиненных зарядов тротило-гексогеносодержащих ВВ. Однако ввиду достаточно малого расстояния передачи детонации от одной шашки к другой необходимо тщательно следить за соблюдением контакта между ними. Для исключения этого недостатка баллиститные шашки сначала монтируют на поверхности в гирлянды, а уже потом эти гирлянды размещают в траншеях.

7.4. ВЗРЫВНЫЕ РАБОТЫ ПОД ВОДОЙ

Подводные взрывные работы выполняют с целью углубления акваторий портов, расчистки фарватеров, при сооружении подводных профильных выемок, траншей, каналов и т.п. Для ведения подводных взрывных работ применяют методы скважинных и накладных зарядов рыхления. При применении метода скважинных зарядов бурение производится с плавучих установок, на которых монтируются буровые станки различных типов. Для фиксирования установок на дне водоемов их обычно оборудуют выдвижными опорами. Применение накладных зарядов эффективно при взрывании мягких пород и пород средней крепости. Несмотря на увеличение удельного расхода ВВ (в среднем в 3 раза) и соответственно затрат на него, а также затрат на заряжание по сравнению с методом скважинных зарядов, данный метод обеспечивает снижение стоимости отбойки в подводных условиях благодаря исключению буровых работ.

Характерные особенности подводных буровзрывных работ определяются следующими факторами и обстоятельствами: применением специального бурового оборудования и водоустойчивых ВВ; увеличенным по сравнению со взрывами на поверхности удельным расходом ВВ; специальной технологией заряжания ВВ; использованием схем и средств взрывания, обеспечивающих высокое качество дробления и исключение отказов, ликвидация которых под водой представляет значительные трудности; увеличенным сейсмическим эффектом взрывов.

В практике подводных взрывных работ используют водоустойчивые ВВ и неводоустойчивые, заключенные в водонепроницаемую оболочку.

Утилизированные боеприпасы ввиду их водоустойчивости достаточно широко применяют при подводных взрывах. Кроме того, использование ВМ в виде изделий позволяет упростить работы по их зарядке в скважины.

При методе скважинных зарядов (как и при скважинной отбойке на карьерах) такими ВМ являются удлиненные заряды УЗ, ДКР-4, ШЗ-1, ШЗЗ-2 и другие, баллиститные шашки и боевые части боеприпасов, геометрические размеры которых позволяют размещать их в скважинах. При

методе накладных зарядов используют изделия, аналогичные используемым при создании профильных выемок на поверхности. К ним относятся ВМ, перечисленные ранее, а также боевые части боеприпасов больших размеров и зерненые пироксилиновые пороха.

Рассмотрим примеры использования на подводных взрывных работах ВМ, снятых с вооружения.

В 1950 г. проводили работы по прокладке подводного трубопровода для беспричальной погрузки нефти на суда-танкеры. Нефтепровод должен был выходить в море на глубину 15 м. Общая протяженность подводного участка 2400 м, в том числе участка, заглубляемого в грунт, — 1250 м. Нефтепровод должен был иметь две линии: северную и южную. Их заглубление предполагалось выполнить от берегового уреза до глубины воды 10 м, погружая трубопровод в грунт у берега на 2 м, а затем постепенно выходя на поверхность дна (на 10-метровой глубине) и далее следуя непосредственно по дну до глубины 15 м.

Разработку подводных траншей решено было выполнить удлиненными зарядами из зерненого пироксилинового пороха. Общий объем земляных работ по двум линиям трубопровода составлял 17 500 м^3. Для этих работ было необходимо 35 т пороха. Грунт в районе работ — плотный песок средней крупности; в прибрежной части (на приливно-отливной полосе) грунт под слоем льда промерз на глубину 0,7 — 1,0 м.

Упаковку пороха для северной линии нефтепровода производили в марлевые мешки длиной 1,0 — 1,5 м. Заготовленные пороховые заряды раскладывались на льду в виде сплошной линии, рядом с зарядами укладывались отрезки стального троса длиной 50 — 55 м, диаметром 10 мм, затем к нему крепились отдельные мешочки с порохом. Полученные таким образом связки отдельных пороховых зарядов прикреплялись к тросам, проходящим подо льдом, и с их помощью протягивались в воде от одной майны к другой, расположенным с шагом в 50 м. Для непрерывности заряда 50-метровые отрезки соседних зарядов в их концах располагались рядом со смещением относительно друг друга на половину длины мешка. Планирование и укладку зарядов по северной линии нефтепровода 50 рабочих выполнили за 3 дня. Длина обоих зарядов была по 1150 м, общая масса зарядов — 17,5 и 17,3 т

соответственно. После взрыва траншеи были осмотрены водолазами. Глубина их была от 0,8 до 2 м.

Работы в морских условиях показали положительные результаты применения пироксилиновых порохов для устройства траншей большой длины глубиной до 2 м. Профиль траншеи получается прямолинейным, не требуется дополнительная подводная планировка.

Пироксилиновые пороха благодаря своим свойствам и удобству в обращении могут найти широкое применение не только при устройстве подводных котлованов или траншей, но также и при резке корпусов затонувших судов, подрывании разрушенных гидротехнических сооружений, разборке упавших в воду металлоконструкций или мостовых ферм и т.д.

Для расширения судоходного канала Выборг — Высоцк с 80 до 135 м было принято решение в качестве наружных зарядов выброса использовать списанные боевые зарядные отделения торпед (БЗО). БЗО представляют собой металлический корпус с толщиной стенки 3 мм, снаряженный зарядом ВВ. В качестве ВВ используются тротил и гексоген-тротиловые смеси. Диаметр корпуса 0,53 — 0,88 м, длина 1,3 — 1,7 м, масса ВВ 120 — 420 кг, масса брутто 180 — 510 кг.

Применение удлиненных зарядов выброса обеспечивает получение в результате взрывов выемок с более ровными по сравнению с сосредоточенными зарядами очертаниями. Несмотря на это, было принято решение об использовании сосредоточенных зарядов, так как в условиях практического отсутствия видимости на дне невозможно было обеспечить необходимую точность укладки БЗО в удлиненный заряд (расстояние между отдельными БЗО не должно превышать 3 см).

Расчет массы сосредоточенных зарядов выброса Q (в кг) производился по формуле М.М. Борескова

$$Q = KW^3(0{,}4 + 0{,}6n^3),$$

где K — расчетный удельный расход ВВ, кг/м^3; W — линия наименьшего сопротивления, м; n — показатель действия взрыва.

Расстояние между основными сосредоточенными зарядами (по опыту производства аналогичных работ) составляло $0{,}8a_{\text{расч}}$, вычисленного по Техническим правилам, т.е.:

$$a_{\text{расч}} = 0{,}5W(n + 1), \text{ м.}$$

Расстояние между зарядами было принято равным 10 м. Доставка БЗО осуществлялась в специально оборудованной барже грузоподъемностью 500 т. В трюме они располагались на деревянном настиле толщиной 20 мм и были надежно закреплены с помощью деревянных клиньев. Вдоль бортов баржи были установлены автопокрышки для исключения непосредственного удара БЗО о металлический борт. Для опускания БЗО с баржи в воду и установки зарядов на дне применялся плавучий кран КПЛ-5-30 грузоподъемностью 5 т. Перед опусканием БЗО водолазами обследовалось место их укладки. По данным обследования уточнялись параметры расположения и массы зарядов в серии. Водолазами контролировалась точность укладки БЗО и производилось отсоединение их от троса крана. Место расположения каждого заряда обозначалось с помощью поплавка.

Средняя производительность работ с учетом перестановок крана, водолазной станции и баржи составляла 0,4 — 0,5 т/ч. Инициировались БЗО промежуточным детонатором, состоящим из 2 кг алюмотола и шашки Т-400Г с ДШВ, который располагался в запальном стакане БЗО. Боевики устанавливались в каждое пятое, шестое опускаемое БЗО, а также в те БЗО, у которых отсутствовал контакт между собой. Взрывание производилось с расстояния 1000 м от ближайшего БЗО.

Всего на трассе канала было выполнено девять массовых взрывов наружных зарядов выброса. Общий объем породы, удаленной за пределы проектного контура канала, составил 10 900 м^3 при расходе ВВ общей массой 225,5 т. Таким образом, фактический удельный расход ВВ составил 31 кг/м^3. При проведении всех взрывов не было зафиксировано ни одного случая отказа. Максимальная дальность разлета кусков породы составила 500 — 600 м, а осколков от корпусов БЗО — до 900 м. Угол откоса бортов канала после взрывов составил 27 — 32°.

Срок проведения работ по углублению и расширению канала Выборг — Высоцк за счет применения наружных зарядов выброса с использованием БЗО был сокращен на 8 — 10 мес по сравнению с расчетным (при использовании штатных технологий). За пределы проектного контура канала было удалено не менее 93 — 95 % взорванного объема породы.

7.5. ВЗРЫВНЫЕ РАБОТЫ ПРИ СЕЙСМОРАЗВЕДКЕ

При выполнении сейсморазведочных работ в качестве источника энергии наиболее часто используют ВВ, размещаемые в скважинах различной глубины, чаще всего водоустойчивые. При выборе рационального типа ВВ должны учитываться следующие специфические условия выполнения взрывных работ: возможность длительного (до нескольких месяцев) нахождения зарядов в скважинах; обводненность скважин и наличие в них бурового шлама; расположение ВВ на значительной глубине.

Из утилизированных ВМ таким требованиям отвечают тротило-гексогеносодержащие изделия и баллиститные шашки. Из тротило-гексогеносодержащих изделий на сейсморазведочных работах могут применяться тротиловые и тротило-гексогеносодержащие шашки, различные подрывные патроны, удлиненные заряды (или их отрезки), боевые части мин (противопехотных, противотанковых и т.д.) и других боеприпасов (бомб, ракет, снарядов, торпед и т.д.). Преимущество перечисленных ВМ, кроме их водоустойчивости, состоит еще и в том, что большинство из них заключено в металлические или другие корпуса, сохраняющие заряды ВВ в течение длительного нахождения их в скважинах. Помимо этого, широкий диапазон изделий по массе ВВ позволяет подобрать требуемую массу сейсмического заряда.

Так, на объектах ГП "Ямалгеофизика" на сейсморазведочных работах применялись баллиститные шашки марки РСИ диаметром 80 мм и длиной 900 мм. В качестве промежуточного детонатора использовался пластит массой 400, 250 и 70 г. Электродетонатор марки ЭД-8 устанавливался в него на глубину 30 мм. Результаты применения баллиститных шашек — положительные. В геофизических партиях на объекте "Рифей" в качестве зарядов ВВ использовались боевые части противотанковых мин марки ПМ-62П. Мина представляет собой заряд ВВ (тротил или состав "морская смесь"), расположенный в пластмассовом корпусе. Диаметр 340 мм, высота 86 мм, масса тротила 7,6 кг (масса состава "МС" 8 кг). Заряды устанавливались как в скважины, так и в шурфы различных размеров. Инициирование производилось от электродетонаторов типа ЭД-8Э, располагаемых у оголенной части ВВ на корпусе мины. Результаты применения — также положительные.

8. БЕЗОПАСНОСТЬ ХРАНЕНИЯ И ПРИМЕНЕНИЯ ВЗРЫВЧАТЫХ МАТЕРИАЛОВ

8.1. УСЛОВИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ХРАНЕНИЯ

Основными характеристиками, определяющими безопасные расстояния при взрыве зарядов, являются масса одновременно взрываемых зарядов, условия их расположения (поверхностные, углубленные, полууглубленные и т.п.), типы оболочек (корпусов), в которых размещены заряды.

По энергетическим показателям ВВ боеприпасов незначительно отличаются от ВМ промышленного назначения. Это отличие не может существенно повлиять на размеры зон безопасности, если учесть, что во все расчетные зависимости для определения безопасных расстояний входит масса заряда с учетом усредненных энергетических характеристик и экспериментально полученные коэффициенты. В связи с этим для определения безопасных расстояний при хранении и применении КВМ вполне допустимо пользоваться расчетными формулами, полученными для зарядов из ВВ промышленного (и военного) назначения.

Безопасные расстояния определяют при организации хранения ВМ, их транспортировке и применении.

Хранение ВМ организуется на специальных складах, отдельно от всех видов другого имущества. **Складом ВМ** принято называть специально оборудованное для хранения ВВ место с комплексом соответствующих помещений, зданий, сооружений и площадок. Под складом ВМ на земной поверхности понимается одно или несколько хранилищ с подсобными сооружениями, расположенными на общей ог-

ражденной территории с прилегающей запретной зоной. В подземных условиях склад ВМ обычно представляет собой комплекс горных выработок, в том числе камер и (или) ячеек, предназначенных для размещения ВМ, а также подводящих к складу выработок и вспомогательных камер.

Хранилища складов ВМ относительно земной поверхности разделяются на поверхностные, полууглубленные, углубленные и подземные. К *поверхностным* относят склады, основания хранилищ которых расположены на уровне поверхности земли; на *полууглубленных складах* здания хранилищ углублены в землю не более чем по карниз; на *углубленных* толща грунта над хранилищем составляет менее 15 м; *подземными* считаются склады, у которых толща горных пород над хранилищами превышает 15 м.

В зависимости от времени эксплуатации склады могут быть *постоянными* — со сроком службы более трех лет, *временными* — до трех лет и *кратковременными* — до одного года, считая эти сроки с даты завоза ВМ.

По назначению склады ВМ делятся на *базисные* и *расходные.* Базисные предназначены для снабжения ВМ расходных складов, а расходные — для раздачи ВМ. Разновидностями расходных складов являются раздаточные камеры, участковые пункты хранения ВМ, помещения (подземные выработки) с сейфами или металлическими ящиками, зарядные будки при проходке шахтных стволов, площадки для хранения ВМ, в том числе в контейнерах.

Расходные склады ВМ могут быть как стационарными, так и передвижными (на базе автомобиля или трактора, а также прицепов к ним и др.).

Для поверхностных и полууглубленных складов ВМ требуется определять расстояния, сейсмически безопасные в отношении хранилищ ВМ при ведении взрывных работ, безопасные по действию ударной воздушной волны на объекты вне склада при взрыве зарядов в хранилищах и расстояния, исключающие передачу детонации от одного хранилища (штабеля, контейнера) ВВ к другому.

Противопожарные средства для таких складов ВМ выбираются с учетом конкретных условий по согласованию с органами контроля за противопожарным состоянием. В ряде случаев осуществляется обваловка хранилищ.

Таблица 8.1

Основные требования к оборудованию поверхностных и полууглубленных складов ВМ

Основные параметры элементов складов	Базисный склад	Расходный склад		
		постоянный	временный	кратковременный
Ширина запретной зоны, м	50	50	50	50
Высота ограды, не менее, м	2	2	2	1,5
Расстояние от ограды, м, не менее:				
до ближайшей стены хранилища	40	40	40	20
до караульного помещения	50	50	50	15
до места для хранения тары (упаковки) ВМ	25	25	25	25
Ширина зоны вырубки хвойного леса от ограды, м	50	50	50	Не обязательна

Некоторые основные требования к складам ВМ приведены в табл. 8.1.

Базисные склады ВМ размещают, как правило, на земной поверхности (рис. 8.1). Поэтому их хранилища обычно делают обвалованными поверхностными или полууглубленными. При контейнерном хранении ВВ на территории складов строятся специальные площадки (рис. 8.2).

На территории базисного склада располагаются следующие здания и сооружения: хранилища ВВ, СИ; контейнерные площадки и площадки для кратковременного хранения ВВ; водоемы и помещения для противопожарного обрудования; караульные вышки; вспомогательные помещения (будки для сторожевых собак, санузлы и т.п.).

Лаборатория и полигон могут размещаться как на общеогражденной территории склада, так и за его пределами, причем полигон во всех случаях — не ближе 200 м от хранилищ (площадок).

Хранилища базисных складов ВМ, как правило, сооружают из несгораемых материалов.

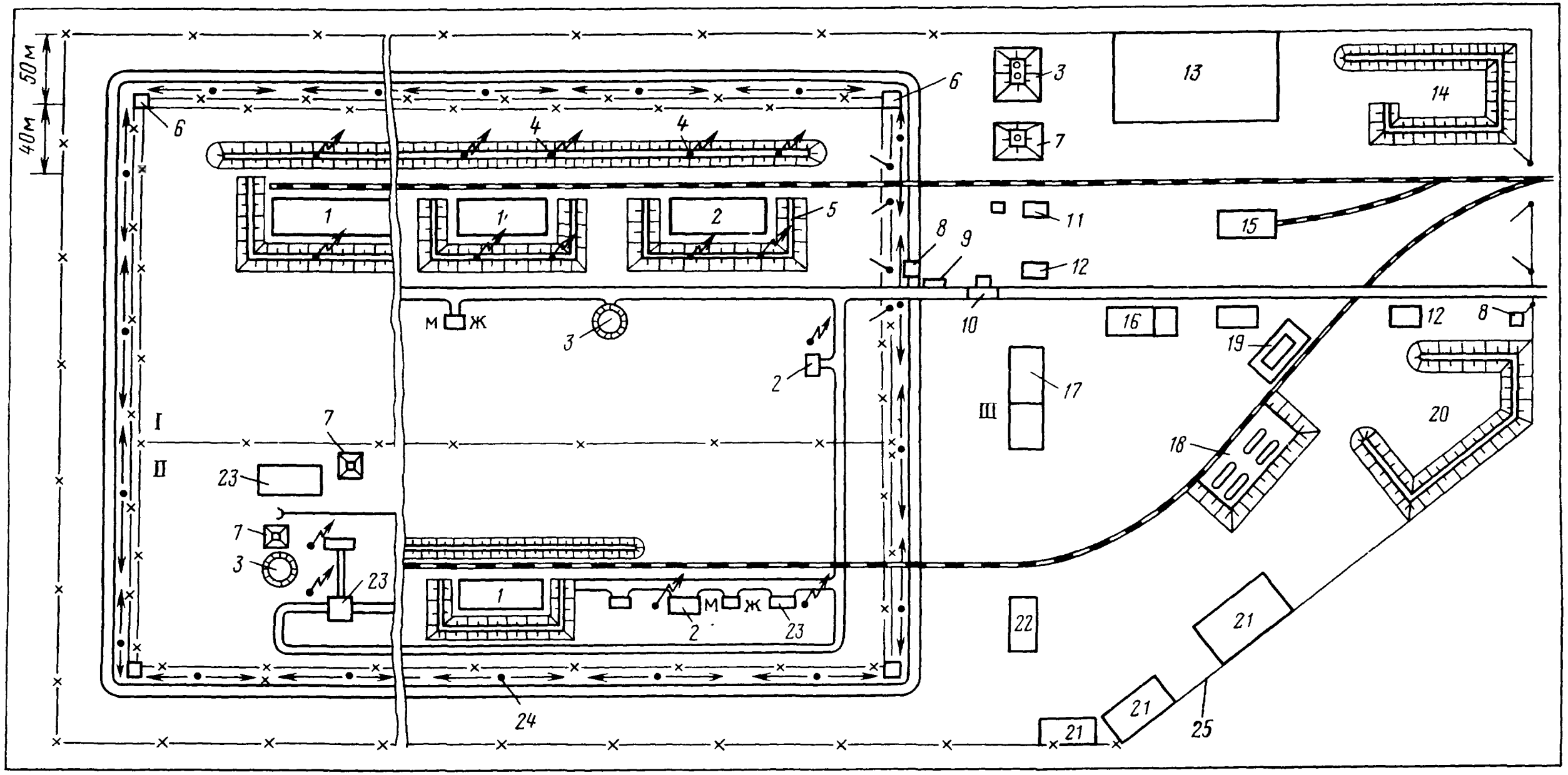

Рис. 8.1. Схема базисного и расходного складов ВМ предприятий, специализирующихся на взрывных работах.
I — базисный склад ВМ; II — расходный склад; III — вспомогательные службы. *1* — хранилища ВВ и контейнерная площадка; *2* — хранилища СИ; *3* — пожарные резервуары; *4* — молниеотводы; *5* — обваловка хранилища; *6* — караульные вышки; *7* — насосная; *8* — контрольно-пропускные пункты; *9* — досмотровая площадка; *10* — автомобильные весы; *11* — аварийные электростанции; *12* — караульные помещения; *13* — площадка; *14* — пункт сжигания; *15* — депо тепловозов; *16* — административное здание; *17* — гараж зарядных машин; *18* — склад ГСМ; *19* — угольный склад; *20* — полигон испытаний ВМ; *21* — склады тары из-под ВМ; *22* — зарядная станция; *23* — пункты механизированной подготовки ВМ; *24* — охранное освещение; *25* — заборы

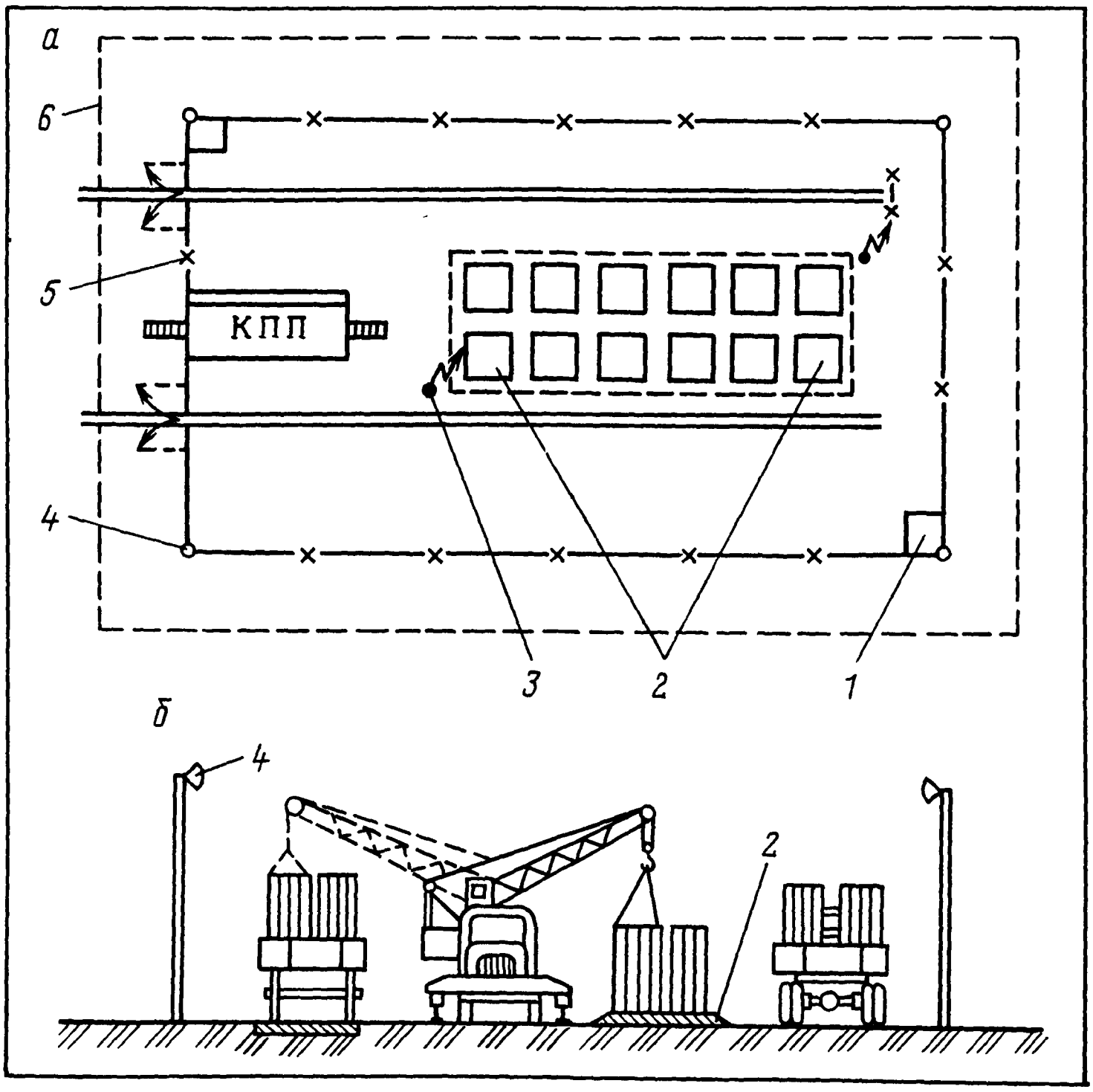

Рис. 8.2. План прирельсовой погрузочно-разгрузочной контейнерной площадки (*а*) и схема разгрузки контейнеров (*б*):
1 — караульная вышка; *2* — контейнерные площадки; *3* — молниеотвод; *4* — прожекторы; *5* — ограда из колючей проволоки; *6* — запретная зона

Ограда склада может быть оборудована специальной сигнализацией в соответствии с проектом. Оснащать охранной сигнализацией хранилища ВМ допускается только согласно техническим решениям, одобренным институтом по безопасности работ и согласованным с Госгортехнадзором РФ.

В тех случаях, когда невозможно осуществить прокладку железной дороги до приемной рампы хранилища базисного склада или на склад, при нем строится прирельсовая (разгрузочная) площадка.

Прирельсовая площадка долна отвечать следующим требованиям:

размещаться на расстоянии не менее 125 м от жилых и производственных зданий, территорий тяговых подстанций, грузовых складов, общих мест погрузки, выгрузки и хранения грузов и от места слива опасных жидких грузов, не менее 200 м от места налива опасных жидких грузов и 50 м — от главных станционных путей;

иметь ограду из колючей проволоки в 10—12 ниток высотой не менее 2 м; расстояние от ограды до места стоянки вагона с ВМ должно быть не менее 15 м;

оборудоваться достаточным электрическим освещением (прожекторами);

иметь караульное помещение, расположенное не ближе 50 м от места разгрузки ВМ; размеры его согласовываются с органами милиции;

иметь средства пожаротушения, номенклатура и количество которых определяются по согласованию с органами Госпожнадзора;

оборудоваться постоянной телефонной связью с железнодорожной станцией, администрацией предприятия, местными органами внутренних дел, пожарной охраны.

При механизированной переработке ВМ, в том числе с применением электро- или автопогрузчиков, на территории, примыкающей к базисному складу, в соответствии с проектом, утвержденным по согласованию с Госгортехнадзором РФ, могут размещаться: зарядная станция электропогрузчиков; гаражи для погрузчиков и зарядных машин, вспомогательного оборудования; ремонтные мастерские; административно-бытовой комбинат и (в необходимых случаях) котельная. На взаимобезопасном по передаче детонации расстоянии от ближайшего хранилища на территории, примыкающей к базисному складу, или на территории расходного склада ВМ может располагаться пункт механизированной подготовки ВВ.

При контейнерном хранении ВВ на базисных складах по соответствующему проекту может быть оборудовано крановое хозяйство или предусмотрено использование автомобильных кранов, автопогрузчиков и тягачей.

Контейнерные площадки обычно сооружаются в виде двухъярусных конструкций. Высота подсыпки нижнего яруса непосредственно над уровнем естественного рельефа для

центральных районов составляет 0,5 м, для Урала — 0,7 м, Крайнего Севера, Сибири и Дальнего Востока — 1 м.

Верхний ярус выполняется по одному из следующих вариантов:

щебеночное основание высотой 12 см с покрытием бетоном (марка 250) — 18 см;

щебеночное основание 12 см; песчано-гравийная смесь 13 см с покрытием асфальтобетоном 5 см;

лаги из лиственницы зимней рубки диаметром 18 см через 1,0 м с покрытием из досок толщиной 5 см с зазором до 5 мм (этот вариант может быть принят по согласованию с местными органами Госгортехнадзора).

Места размещения, конструкции и число перечисленных объектов определяются проектом в соответствии с нормативами, установленными Едиными правилами безопасности при взрывных работах, СНИПами, инструкциями, ведомственными типовыми решениями и схемами комплексной механизации, согласованными с Госгортехнадзором РФ.

Общая вместимость базисного склада ВМ не ограничивается. Вместимость отдельных хранилищ таких складов ВМ зависит от типа ВВ и СИ (табл. 8.2).

Расходные склады могут размещаться как на земной поверхности, так и в подземных выработках.

Общая вместимость всех хранилищ поверхностных и полууглубленных расходных складов ВМ в зависимости от времени их эксплуатации приведена в табл. 8.3. Вместимость таких складов для хранения огнепроводного шнура не ограничивается.

На кратковременных складах ВМ допускается хранение до 400 тыс. м детонирующего шнура при использовании его при сейсморазведке в качестве источника упругих колебаний.

Во всех случаях предельная вместимость отдельного хранилища ВВ не должна превышать на постоянном расходном складе ВМ 60 т, временном — 25 т и кратковременном — 18 т.

Допускается непосредственное примыкание территории расходных складов ВМ, расположенных на земной поверхности, к базисным при наличии отдельного въезда (входа) на территорию расходного склада и соблюдении других тре-

Таблица 8.2

Вместимость хранилищ ВМ базисного склада

Тип ВМ	Масса ВМ, т
Капсюли-детонаторы, электродетонаторы (кроме высоковольтных), пиротехнические реле типа КЗДШ (масса брутто)	120
Пороха (масса нетто) и изделия, их содержащие (масса брутто)	120
Огнепроводный шнур, средства зажигания ОШ и пороха, сигнальные и пороховые патроны	Не ограничивается
ВВ с содержанием жидких нитроэфиров более 15 %, нефлегматизированный гексоген, ТЭН, тетрил (масса нетто)	60
Детонирующий шнур, электродетонаторы высоковольтные (масса брутто)	120
ВВ с содержанием жидких нитроэфиров не свыше 15 %; тротил и сплавы его с другими нитросоединениями; флегматизированный гексоген; ВВ, не содержащие жидких нитроэфиров: порошкообразные, рассыпные, патронированные, листовые, шнуровые, шланговые, а также пластичные и водосодержащие (масса нетто); изделия, содержащие ВВ, без средств инициирования и (или) метательных зарядов (масса брутто)	240
Рассыпные гранулированные ВВ, допущенные Госгортехнадзором РФ к механизированному растариванию и заряжанию механизированным способом (масса нетто)	420
Снаряженные ВВ торпеды, прострелочные аппараты и другие изделия, содержащие ВВ и средства инициирования (масса брутто)	120

Примечание. При хранении в одном хранилище ВМ группы D общая вместимость этого хранилища должна быть принята не более установленной для наиболее опасного ВМ.

Таблица 8.3

Общая вместимость хранилищ поверхностных и полууглубленных расходных складов ВМ

Тип склада	ВВ, т	Электродетонаторы и капсюли-детонаторы, тыс. шт.	Детонирующий шнур, тыс. м
Постоянный	240	300	400
Временный	120	150	200
Кратковременный	По проекту	75	100

бований, установленных Едиными правилами безопасности при взрывных работах.

Передвижные склады ВМ, оборудованные на базе автомобилей, должны отвечать требованиям Правил перевозки взрывчатых материалов автомобильным транспортом.

На территории постоянных и временных расходных складов ВМ могут размещаться здания и сооружения того же на-

значения, что и на базисных складах, а иногда оборудуются дополнительные помещения для централизованного изготовления промежуточных детонаторов, зажигательных и контрольных трубок. Помещения располагаются на расстоянии, взаимобезопасном с хранилищами ВМ по передаче детонации.

Хранилища поверхностных постоянных и временных расходных складов ВМ сооружаются из несгораемых материалов с покрытием деревянных конструкций несгораемыми составами (штукатуркой). Полы в хранилищах могут выполняться из регламентированных материалов и должны быть ровными и гладкими. Каждое хранилище постоянного склада оборудуется не менее чем одним тамбуром для выдачи ВМ (требование не распространяется на временные склады).

Все постоянные расходные склады ВМ должны иметь стационарное рабочее освещение при линейном напряжении до 220 В и аварийное, определяемое проектом. На временных складах может быть только рабочее освещение рудничными аккумуляторными светильниками или фонарями с сухими батареями.

В отличие от постоянных расходных складов ВМ, под хранилища временных складов допускается использовать не предназначенные для хранения ВМ строения, сараи, землянки и прочие помéщения. В то же время, как и хранилища постоянных складов, эти помещения должны хорошо вентилироваться и быть защищены от попадания в них дождя и снега. В приспосабливаемых помещениях могут быть сохранены существующие размеры окон и дверей. В остальном требования к постоянным и временным расходным складам ВМ в основном аналогичны.

Кратковременные склады ВМ могут устраиваться в нежилых строениях, сараях, землянках (и т.п.), в железнодорожных вагонах, на плавучих и технических судах речного и морского флота, автомобилях, прицепах, санях, повозках (и т.п.), в палатках, шалашах, пещерах, на контейнерных и открытых площадках, в том числе у мест производства взрывных работ.

Другие требования к постоянным, временным и кратковременным расходным складам ВМ более подробно содер-

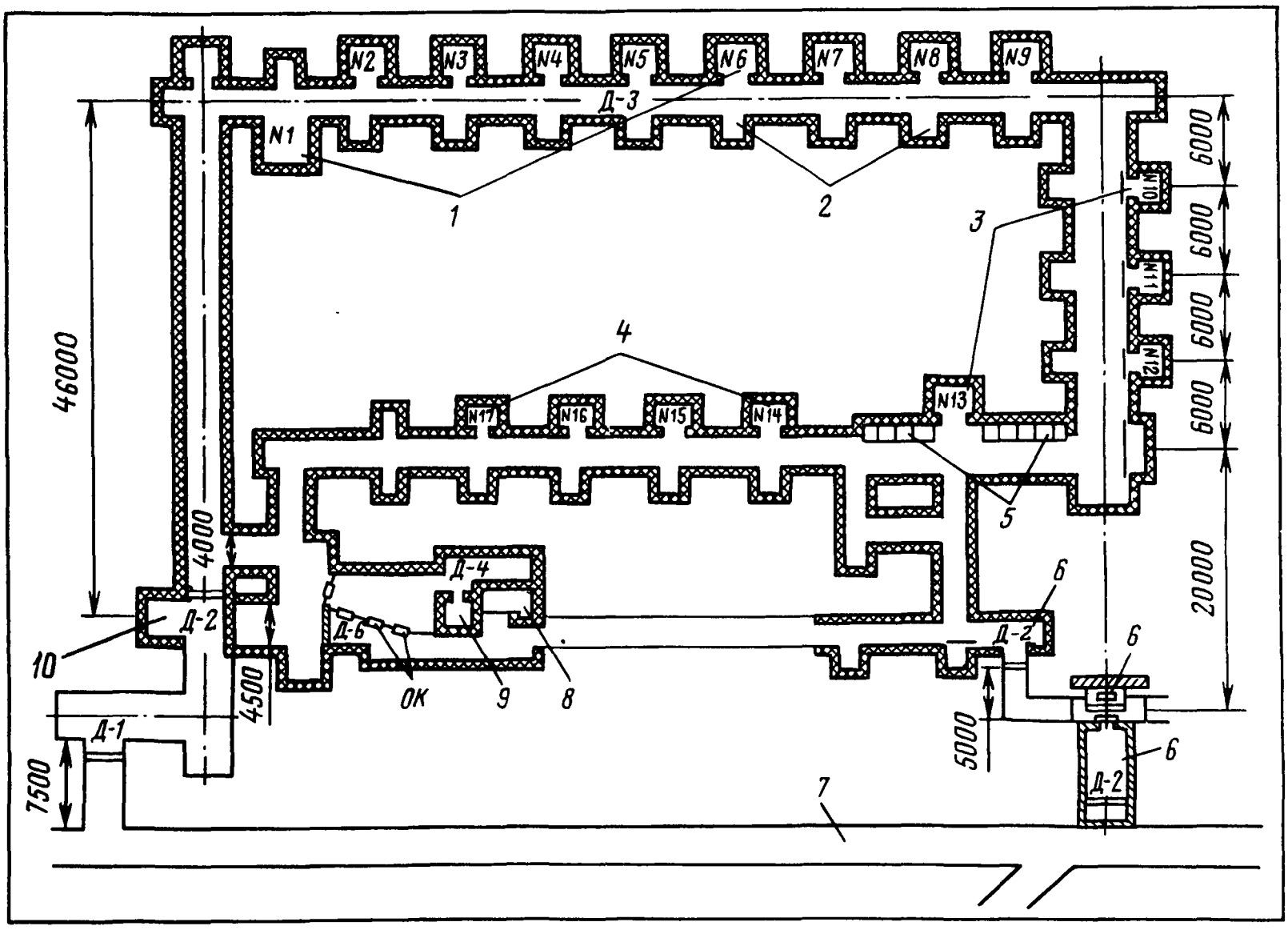

Рис. 8.3. Схема подземного расходного склада ВМ камерного типа большой вместимости:

1 — камеры для хранения ВВ (№ 1—9); *2* — отбойные камеры; *3—4* — камеры для хранения соответственно кассет с маркированными электродетонаторами — ЭД (№ 10—13) и немаркированных ЭД (№ 14—17); *5* — места проверки и маркировки ЭД и изготовления зажигательных трубок; *6* — вспомогательные помещения; *7* — откаточная выработка склада ВМ; *8* — камера для хранения взрывных и контрольно-измерительных приборов; *9* — камера выдачи ВМ; *10* — камера размещения калорифера; Д — двери: Д-1 и Д-6 — противопожарные металлические, Д-2 — решетчатые металлические, Д-3 — решетчатая деревянная, Д-4 — металлическая с окном; ОК — окна выдачи ВМ

жатся в Единых правилах безопасности при взрывных работах.

Подземный расходный склад ВМ представляет собой камеры или ячейки для хранения ВМ, а также подводящие выработки и камеры вспомогательного назначения (рис. 8.3, 8.4).

К последним относятся камеры, предназначенные для раздачи ВМ, маркировки электродетонаторов (капсюлей-детонаторов) и их проверки, изготовления зажигательных трубок, хранения приборов и устройств электровзрывания, размещения электрораспределительных устройств и калориферов, хранения кассет и сумок, размещения средств механи-

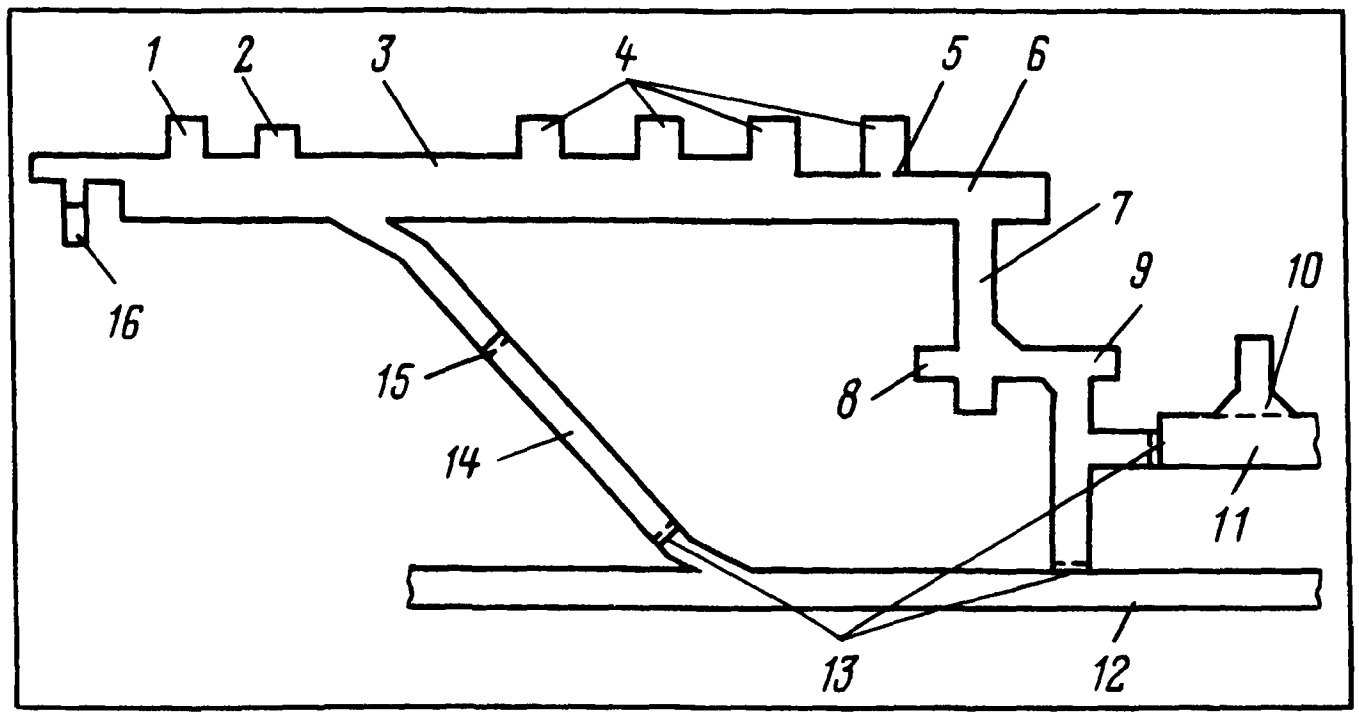

Рис. 8.4. Схема подземного расходного склада ВМ камерного типа малой вместимости:
1 — камера хранения СИ; *2* — камера маркировки и проверки ЭД и изготовления зажигательных трубок; *3* — соединительная галерея; *4* — камеры хранения ВВ; *5* — решетчатые деревянные двери; *6* — место хранения сумок подрывников; *7* — камера выдачи ВМ; *8* — камера хранения ранцевых пневмозарядчиков; *9* — камера хранения вспомогательного оборудования и инвентаря; *10* — пункт разворота самоходного оборудования; *11* — камера перегрузки ВМ; *12* — откаточная выработка; *13* — решетчатые металлические двери; *14* — заезд в склад ВМ, оборудованный рельсовым толкателем; *15* — противопожарная металлическая дверь; *16* — вентиляционный канал

зации погрузочно-разгрузочных операций (тележки и другие устройства).

Камеры для хранения приборов, устройств электровзрывания и все последующие могут располагаться в тупиках выработок, подводящих к складу.

Предельная вместимость подземных расходных складов определяется проектом. При этом вместимость каждой камеры в складах камерного типа не должна превышать 2 т ВВ. В складах ячейкового типа разрешается хранить в каждой ячейке не более 0,4 т ВВ или 15 тыс. шт. электродетонаторов (капсюлей-детонаторов).

Расположение подземных складов должно выполняться по проектам и отвечать требованиям Единых правил безопасности при взрывных работах.

Выработки, в которых расположены камеры или ячейки для хранения ВМ (хранилища), не должны непосредственно сообщаться с главными выработками, их следует соединять, как правило, не менее чем тремя подводящими прямолинейными или криволинейными выработками, образующими друг с другом прямые углы. Подводящие к скла-

ду выработки площадью сечения не менее 4 м^2 надо заканчивать тупиками длиной не менее 2 м (допускается соединение выработок складов ВМ с главными выработками меньшим числом подводящих выработок при условии установки неразрушаемых при взрыве в складе стальных дверей).

Каждый склад должен иметь два выхода.

При настилке рельсовых путей в складе ВМ необходимо предусматривать электроизоляцию рельсовых путей от общешахтных.

Крепь в выработках склада ВМ должна быть несгораемой. Проветривание склада следует производить обособленной струей свежего воздуха. При этом необходимо обеспечить четырехкратный часовой обмен воздуха во всех выработках склада. Исходящую из склада воздушную струю нельзя направлять в выработки со свежей струей воздуха.

Склады ВМ в шахтах и рудниках, не опасных по газу или пыли, как правило, обогреваются электрокалориферами.

Освещение камер и подводящих выработок складов должно быть электрическое во взрывобезопасном исполнении для шахт, опасных по газу, и в обычной рудничной арматуре для остальных шахт. Электропроводка должна выполняться бронированным кабелем с полихлорвиниловой оболочкой и резиновой изоляцией жил или гибкими резиновыми кабелями. Питание осветительных установок осуществляется напряжением (линейным) не выше 127 или 220 В для стационарного люминесцентного освещения.

В складах у входной двери и в камерах выдачи ВМ устанавливаются телефоны, в том числе в шахтах, опасных по газу или пыли, во взрывобезопасном исполнении.

Во всех случаях в шахтах, опасных по пыли, у подходов к складу с обеих сторон по примыкающим к нему выработкам должны быть установлены сланцевые заслоны, а выработки должны периодически осланцовываться.

В дополнение к имеющимся складам ВМ, а также при отсутствии таких складов на отдельных горизонтах устраиваются раздаточные камеры.

При значительном удалении забоев в целях приближения к ним мест хранения ВМ могут оборудоваться участковые пункты хранения ВМ.

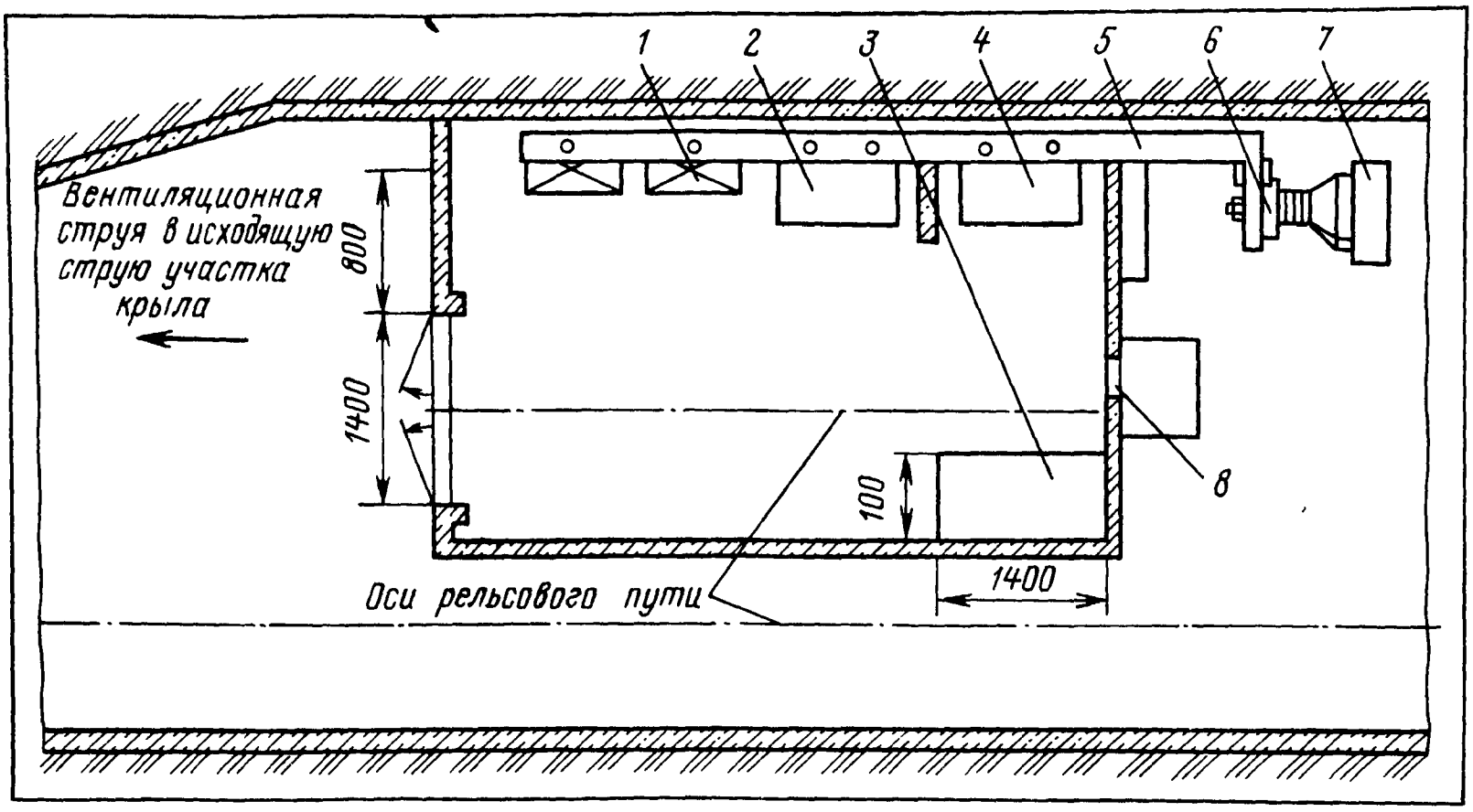

Рис. 8.5. Схема раздаточной камеры ВМ вместимостью до 1 т ВВ:
1 — контейнер для растаренных гранулированных ВВ; *2* — стеллаж для патронированных ВВ; *3* — стол выдачи ВВ; *4* — стеллаж для СИ; *5* — воздуховод; *6* — вентилятор; *7* — калорифер; *8* — дверь с окном для выдачи ВМ

Вместимость раздаточной камеры не должна превышать максимального трехсуточного расхода ВМ на обслуживаемом участке или группе участков, но во всех случаях она не может быть более 2 т ВВ при соответствующем количестве СИ.

Раздаточные камеры вместимостью до 1 т могут оборудоваться на ра́сширении выработок откаточного или вентиляционного горизонта, проветриваемых свежей струей воздуха за счет общешахтной депрессии, и ограждаются сплошной по высоте кирпичной или бетонной стеной толщиной не менее 25 см (рис. 8.5).

При вместимости, превышающей 1 т, раздаточные камеры обычно устраивают в специальной выработке, расположенной не ближе 25 м от действующих выработок. Такая раздаточная камера должна проветриваться обособленной свежей струей воздуха, которая при выходе из камеры может отводиться в исходящую струю участка, крыла, шахты (рис. 8.6).

В шахтах, опасных по газу или пыли, необходимый температурный режим в складах ВМ и раздаточных камерах может обеспечиваться общешахтными калориферными установками.

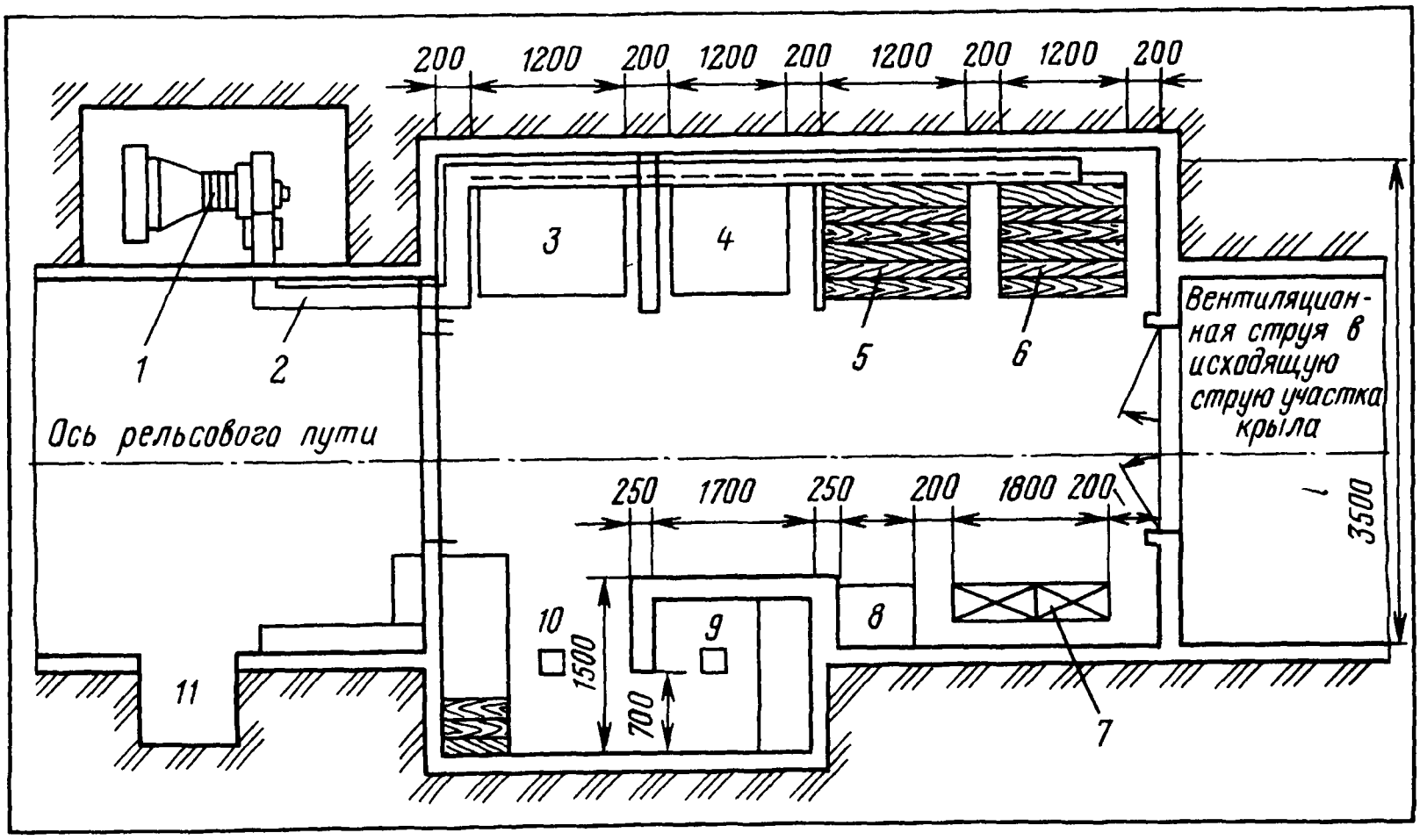

Рис. 8.6. Схема раздаточной камеры ВМ вместимостью от 1 до 2 т ВВ:
1 — электрокалорифер с вентилятором; *2* — воздуховод; *3* — стеллаж для СИ; *4* — стеллаж для патронированных ВВ; *5* — настил для ящиков патронированных ВВ; *6* — настил для мешков гранулированных ВВ; *7* — контейнер для растаренных ВВ; *8* — ящик для хранения взрывных и контрольно-измерительных приборов; *9* — отделение подготовки СИ; *10* — отделение выдачи ВМ и резки ОШ и ДШ; *11* — ниша для противопожарных средств

Участковые пункты хранения ВМ предназначены для временного хранения ВМ и СИ, необходимых для ведения взрывных работ в одном или группе забоев очистных, подготовительных или капитальных выработок, а также для дробления негабаритов и ликвидации их застреваний в перепускных выработках.

Участковый пункт хранения ВМ может представлять собой горную выработку (рис. 8.7) или часть выработки, в которой установлены специальные ящики (металлические шкафы) или контейнеры с ВМ (рис. 8.8), закрывающиеся на замки. Под участковые пункты хранения ВМ могут оборудоваться специальные выработки (камеры, ниши, сбойки, рудники и т.п.) откаточного и вентиляционного горизонта рудников и шахт. Хранение растаренных гранулированных ВВ может осуществляться в металлических бункерах (рис. 8.9).

В одном шкафу, но в различных его отделениях можно хранить до 150 кг ВВ и соответствующее количество элек-

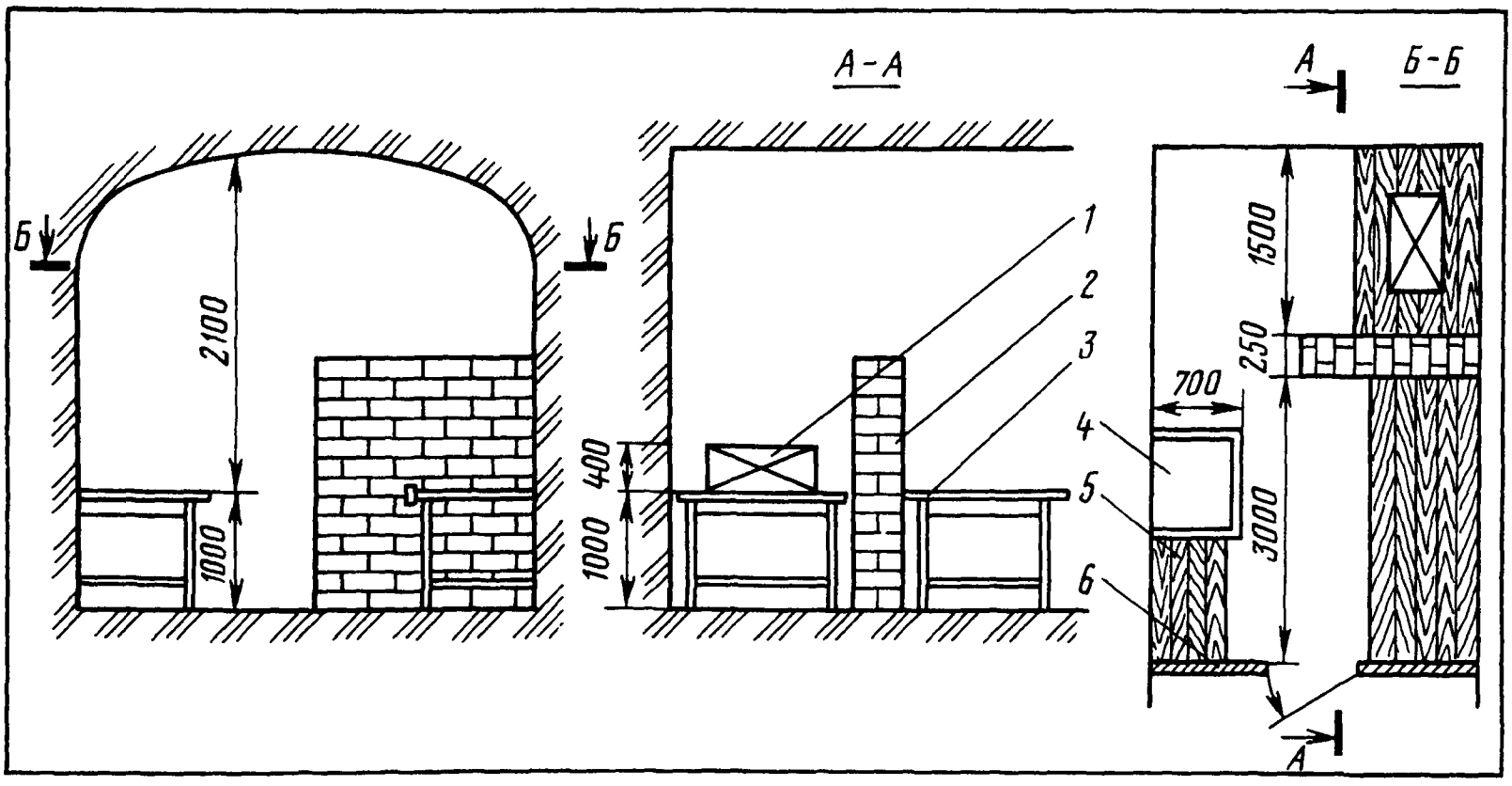

Рис. 8.7. Участковый пункт хранения ВМ вместимостью до 1 т ВВ и соответствующего количества СИ:
1 — контейнер для хранения СИ; *2* — кирпичная стена; *3* — стеллаж для ВВ; *4* — стол для операций с СИ; *5* — стол для документации; *6* — металлическая (бетонная, кирпичная) перемычка

тродетонаторов или зажигательных трубок и других СИ. При хранении только ВВ их количество может достигать 200 кг.

Вместимость передвижного вагона-контейнера не должна превышать трехсуточного расхода ВВ и соответствующего количества СИ в обслуживаемых забоях, но не свыше 300 кг ВВ и 100 шт. электродетонаторов и зажигательных трубок.

Вместимость бункера для гранулированных ВВ должна быть рассчитана на хранение трехсуточного запаса ВВ, но не свыше 400 кг.

Склад ВМ **углубленного типа** может устраиваться в массиве горы или холма и должен сообщаться с поверхностью штольнями. Для оборудования углубленных складов ВМ допускается также использование старых горных выработок или пещер, если они отвечают установленным требованиям. Такие случаи широкого распространения не получили.

Конкретные требования и нормы загрузки, которым должны отвечать подземные и углубленные склады ВМ, определяются проектами согласно нормативам, содержащимся в Единых правилах безопасности при взрывных работах и ведомственных инструкциях, согласованных с Госгортехнадзором РФ.

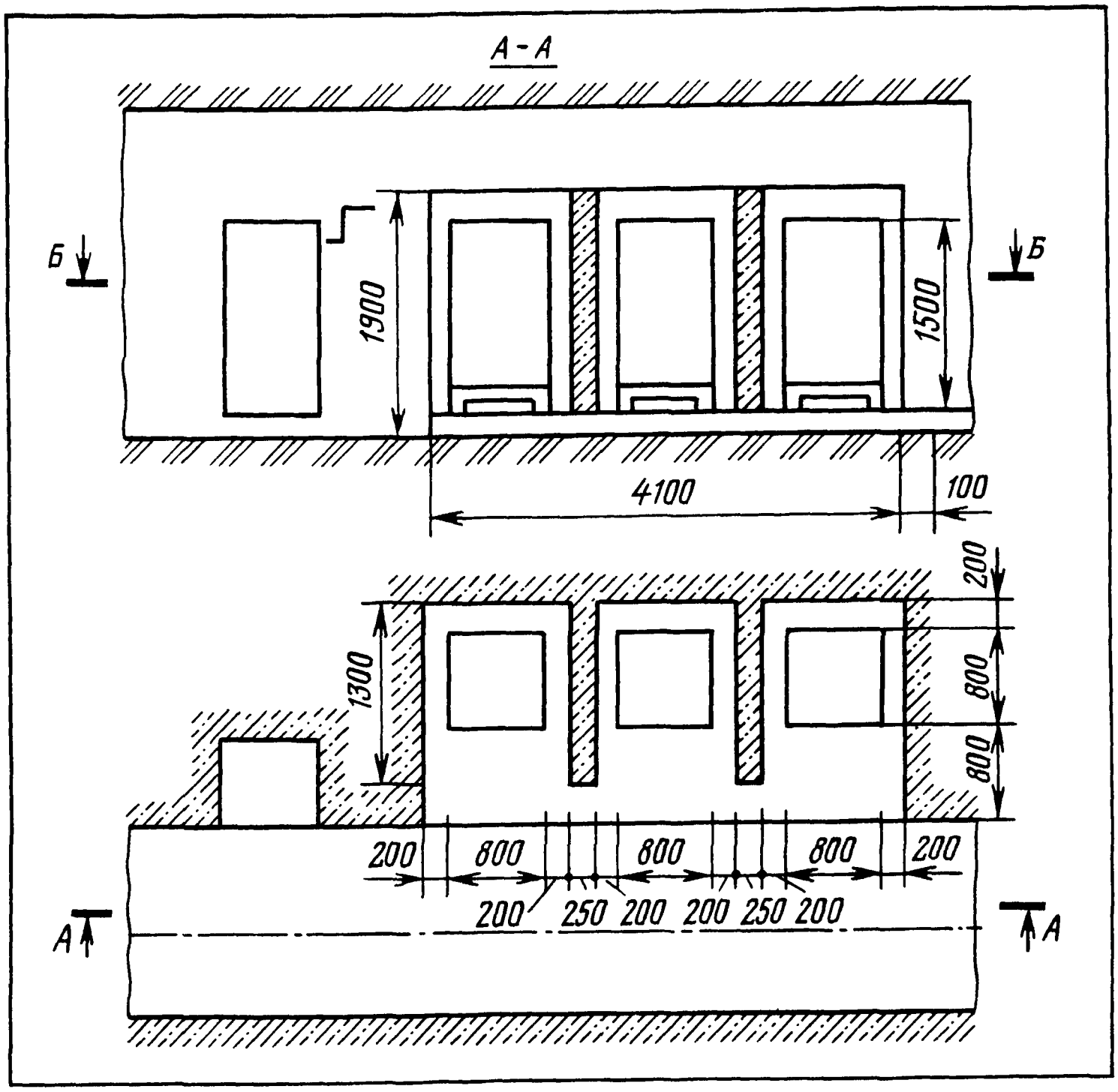

Рис. 8.8. Ниша для шкафов с ВМ в участковом пункте хранения

Размер площади, необходимой для размещения склада, зависит от количества хранилищ и минимальных расстояний между ними. Эти расстояния должны обеспечить внутреннюю безопасность склада, при которой невозможна передача детонации от одного хранилища к другому в случае взрыва одного из них. Расчет безопасных расстояний производится по методике, изложенной в следующем разделе.

При выборе места постройки склада надлежит также учитывать и так называемую внешнюю безопасность склада, которая определяет допустимые расстояния от склада до окружающих объектов в целях защиты их от разрушительного действия воздушной ударной волны, образующейся при случайном взрыве одного хранилища наибольшей в данном складе вместимости.

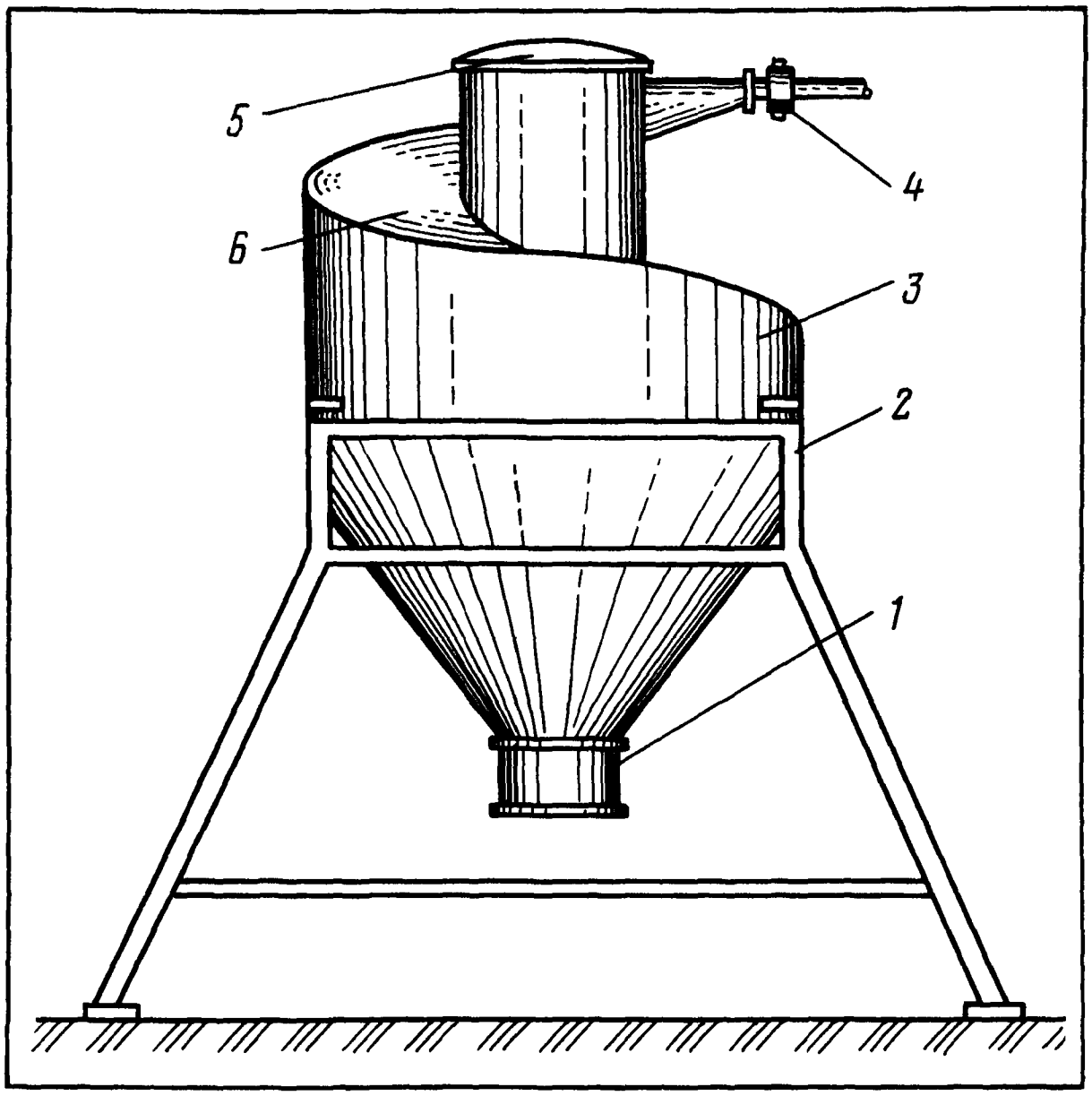

Рис. 8.9. Бункер для гранулированных ВВ:
1 — дозатор; *2* — рама-опора; *3* — корпус; *4* — патрубок циклона; *5* — крышка; *6* — циклон

Безопасные расстояния по действию воздушной ударной волны устанавливаются в зависимости от значимости объектов, расположенных вокруг склада; методика их расчета также изложена далее.

8.2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗМЕРОВ ОПАСНЫХ ЗОН

Расчет опасных расстояний при организации складов ВМ и взрывных работах производится в соответствии с Едиными правилами безопасности, а также с Техническими правилами ведения взрывных работ на земной поверхности. В зависимости от типа склада, назначения и условий проведения взрывных работ обычно определяют радиусы следующих опасных зон:

разлета кусков породы при взрыве;

сейсмического действия взрыва;

действия воздушной ударной волны;

газоопасной зоны;

Рассчитываются также расстояния, исключающие передачу детонации от одного заряда ВВ к другому.

Радиус опасной зоны по разлету кусков породы при проведении взрывов на выброс или сброс определяют по данным табл. 8.4.

Радиус опасной зоны при взрывах на рыхление определяют, пересчитывая значение линии наименьшего сопротивления (ЛНС) для наибольшего сосредоточенного заряда рыхления $W_р$ в условную ЛНС заряда нормального выброса $W_{н.в}$, т.е.

$$W_{н.в} = \frac{5}{7} W_р. \qquad (8.1)$$

При взрывании скважинных зарядов на уступах необходимо знать диаметр заряда d и минимальную величину его заглубления W, равную кратчайшему расстоянию от верхней точки заряда до открытой поверхности:

$$W = C \sin\alpha + l_{заб} \cos\alpha, \qquad (8.2)$$

где C — расстояние от устья скважины до бровки уступа, м; $l_{заб}$ — длина забойки, м; α — угол наклона откоса уступа к горизонту, градус.

Расчет радиуса опасной зоны R производится также по эмпирической формуле

$$R = 2d/\sqrt{W}. \qquad (8.3)$$

Значения радиусов опасных зон по разлету кусков породы, определенные расчетом по приведенной формуле, даны в табл. 8.5.

Согласно Единым правилам безопасности, радиусы опасных зон по разлету кусков и камней при взрыве не должны быть менее величин, приведенных в табл. 8.6.

На основании многочисленных опытных данных установлена дальность разлета кусков при взрывании в различных условиях, которая и может быть принята в качестве минимального безопасного расстояния от очага взрыва; она составляет, м:

при взрывании льда и грунта на дне водоема — 100;

Таблица 8.4

Радиусы опасных зон *R* по разлету кусков породы

ЛНС (*W*), м	*R* (м) при разных значениях *n**							
	для людей				для механизмов (сооружений)			
	1	1,5	2	2,5–3	1	1,5	2	2,5–3
1,5	200	300	350	400	100	150	250	300
2	200	400	500	600	100	200	350	400
4	300	500	700	800	150	250	500	550
6	300	600	800	1000	150	300	550	650
8	400	600	800	1000	200	300	600	700
10	500	700	900	1000	250	400	600	700
12	500	700	900	1200	250	400	700	800
15	600	800	1000	1200	300	400	700	800
20	700	800	1200	1500	350	400	800	1000
25	800	1000	1500	1800	400	500	1000	1000
30	800	1000	1700	2000	400	500	1000	1200

**n* – показатель действия взрыва заряда.

Примечания. 1. При производстве взрывов на косогорах с уклоном местности более 30°, а также в случаях превышения места взрыва над окружающей опасной зоной более чем на 30 м радиус опасной зоны по разлету породы должен быть увеличен в 1,5 раза в сторону уклона. 2. При применении зарядов с укороченной забойкой радиусы опасных зон должны быть увеличены на 20 %.

Таблица 8.5

Радиусы опасных зон *R* по разлету кусков породы при взрывании скважинных зарядов на уступах

W, м	*R* (м) при разных значениях *d* (мм)					
	100	150	200	250	300	400
1	200	300	400	500	–	–
1,5	200	250	330	420	500	–
2,0	200	220	280	360	430	–
3,0	200	200	240	300	350	470
4,0	200	200	200	250	300	400

Таблица 8.6

Радиусы опасных зон *R* по разлету кусков породы и камней

Виды и методы взрывных работ	*R*, м (не менее)	Примечания
Взрывание на открытых работах в грунтах и скальных породах:		
метод наружных зарядов	300	Суммарная масса одновременно взрываемых (детонирующим шнуром или электродетонаторами мгновенного действия) наружных зарядов не должна превышать 20 кг ВВ
метод шпуровых зарядов	300	
метод котловых зарядов	200	При взрывании на косогорах в направлении вниз по склону значение *R* должно быть не менее 300 м
метод рукавов	200	
метод скважинных зарядов	По проекту или паспорту, но не менее 200	*R* указан для случая взрывания зарядов в скважинах с забойкой
метод котловых скважин	По проекту, но не менее 300	–
метод камерных зарядов	По проекту или паспорту, но не менее 300	
Дробление валунов зарядами в подкопах	400	
Корчевка пней	200	
Прокладка защитных полос в грунте при борьбе с лесными пожарами	50	
Взрывание при посадке насыпей на болотах	100	
Дноуглубительные работы:		В целях предотвращения продвижения в опасную зону судов, плотов и т.п. при производстве дноуглубительных работ должно выставляться оцепление и сигналы на расстоянии не менее 200 м от границы опасной зоны
без наличия ледяного покрова на поверхности водного бассейна		
а) при взрывании нескальных грунтов	100	
б) при взрывании скальных грунтов шпуровыми зарядами	50	

Продолжение табл. 8.6

Виды и методы взрывных работ	*R*, м (не менее)	Примечания
накладными зарядами до 100 кг	200	вверх и вниз по течению реки. Во время лесосплавов оцепление и сигналы вверх по течению реки должны выставляться на расстоянии не менее 500 м
накладными зарядами более 100 кг	300	
при наличии ледяного покрова вне зависимости от свойств взрываемых грунтов	200	
Ледоходные работы:		
при взрывании ледяного покрова	100	
при взрывании льда толщиной более 2 м и заторов зарядами более 300 кг	300	
Взрывные работы по шуге	50	
Работы по металлу:		
на открытых полигонах	1500	
при взрывании в бронеямах	30	
при взрывании на территории заводских площадок	По проекту	В проекты (особенно для взрывания на стройплощадках, в действующих цехах, населенных пунктах) должен включаться раздел, в котором излагаются особые меры, обеспечивающие безопасность людей
при взрывании в горячих массивах	По проекту, но не менее 30	
при штамповке изделий	По проекту, но не менее 25	
Валка зданий и сооружений	По проекту, но не менее 100	
Дробление фундаментов	200	
Простреливание шпуров	50	
Простреливание скважин для котловых зарядов	100	
Торпедирование и перфорация нефтяных и газовых скважин	50	*R* может быть уменьшен до 20 м после спуска аппарата в скважину на глубину более 50 м
При взрывах для сейсмических разведок:		
в шурфах и на поверхности	100	
в скважинах	30	
Взрывные работы на стройплощадке	По проекту	В проекты (особенно для взрывания на стройплощадках в населенных пунктах) должен включаться раздел, в котором излагаются особые меры, обеспечивающие безопасность людей

сооружений из дерева — 150;

камня, бетона и железобетона — 350;

металлических сооружений (мостовых ферм, рельсов, балок и т.п.) — 500;

авиабомб, артиллерийских снарядов и других боеприпасов в зависимости от их калибра — 500—2000.

При расположении зарядов ВВ на некоторой глубине при взрывах в грунте и скале на выброс отдельные куски породы (грунта) могут разлетаться на весьма значительные расстояния. Наблюдениями установлена зависимость между глубиной расположения заряда, его массой (по показателю действия взрыва) и максимальной дальностью разлета кусков. Эта зависимость в Руководстве по подрывным работам приведена в виде

$$L = 140\ n \sqrt{W}, \tag{8.4}$$

где L — дальность разлета отдельных кусков породы (грунта), м; n — показатель действия взрыва; W — глубина заложения заряда (ЛНС), м.

Для снижения возможности повреждения зданий и сооружений при разлете кусков взрываемых грунтов рекомендуется применять различные укрытия.

Применение укрытий при взрывных работах необходимо в случаях расположения в пределах расчетной опасной зоны сооружений, подлежащих защите от разлета камней при взрыве, а также в случаях необходимости сокращения размеров опасной зоны взрыва при взрывании на территории населенных пунктов, промышленных предприятий, когда люди вынуждены находиться на относительно близком расстоянии от мест взрыва.

Защита сооружений осуществляется обычно путем выбора методов и параметров взрывных работ, обеспечивающих минимальный разброс кусков породы, в том числе путем уменьшения удельного расхода ВВ, сгущения сетки расположения зарядов и в связи с этим снижения массы отдельных зарядов, увеличения длины забойки и повышения ее качества.

Дополнительно применяются защитные устройства для наиболее уязвимых узлов сооружений, попадающих в пределы опасной зоны (щиты на окна, укрытие кровли и т.п.).

Использование укрытий неизбежно в тех случаях, когда параметры взрывания не гарантируют полной безопасности взрывов для людей и сооружений.

По своей конструкции укрытия делятся на *щитовые, арочные или коробчатые, цепные* или *сетчатые, насыпные.* Для взрывных работ при строительстве траншей небольшой ширины (до 3—4 м) в условиях равнинной местности наиболее целесообразны арочные и коробчатые укрытия, перемещаемые по мере продвижения работ по трассе траншеи с помощью тракторов. Затраты труда на устройство укрытия на 1 $м^3$ разрыхленной породы при этих типах укрытий минимальны.

Щитовые укрытия являются более универсальными, но и более трудоемкими при установке и разборке после проведения взрывных работ. Возможны два способа укрытия взрываемого объекта щитами, при которых щиты укладываются:

непосредственно на поверхность взрываемого объекта;

на естественные или искусственные опоры над взрываемом участком; между поверхностью взрываемого объекта и щитом остается воздушный зазор высотой не менее 0,3—0,5 м; при этом способе можно сократить массу щитов и обеспечить повышение их долговечности.

Щитовые, арочные и коробчатые укрытия могут исключить разброс камней при взрыве, и их рекомендуется использовать при уменьшенных размерах опасных зон для людей.

Сетчатые и цепные укрытия имеют относительно малую массу и просты в установке. Однако эти укрытия не исключают возможности разлета мелких кусков, а поэтому их предназначение — защита зданий и сооружений.

Насыпные укрытия выполняются присыпкой взрываемого объекта грунтом. Эти укрытия надежны, но трудоемкость их возведения весьма высока. Применение их возможно лишь при условии механизации земляных работ.

При проектировании укрытия определяется его масса $M_у$ на 1 $м^2$ укрываемой площади по формуле

$$M_у = K_у W \rho_п, \qquad (8.5)$$

где $K_у$ — коэффициент, зависящий от типа укрытия и принимаемый по данным табл. 8.7; W — расчетная глубина рых-

ления, м; $\rho_п$ — плотность взрываемых пород, кг/м^3.

Снижение расчетной массы укрытия возможно при его закреплении на взрываемом объекте анкерами.

Масса укрытия, рассчитанная по формуле (8.5), практически исключает разлет камней при взрыве или локализует его в зоне радиусом 10—15 м от места взрыва. При снижении массы укрытий в 2—3 раза возможен разлет камней при взрыве и не обеспечивается сохранность сооружений, расположенных в пределах до 100 м от места взрыва. Под укрытием разрешается только мгновенное и короткозамедленное взрывание зарядов с помощью ЭД или ДШ.

При использовании укрытий, исключающих разброс камней при проведении взрыва, радиус опасной зоны не должен быть менее 50 м. Проектная документация на взрывные работы с использованием укрытий и уменьшенными размерами опасных зон до выдачи в производство должна быть согласована с органами Госгортехнадзора.

Радиус сейсмически опасной зоны рассчитывают при взрывных работах различного назначения, за исключением взрывов открытых зарядов на поверхности земли.

Сейсмическое (сотрясательное) действие взрыва проявляется только при взрывах, происходящих в глубине грунта или скальной породы. Характер этих колебаний (период, амплитуда и скорость распространения) зависит от массы заряда ВВ и свойств среды.

Таблица 8.7

Значения коэффициента $K_у$

Тип укрытия	Условия применения	$K_у$
Щитовые сплошные:	Рыхление пород при площадном взрывании	
при укладке на взрываемый участок		0,33
при установке над взрываемым участком		0,25
Цепные и сетчатые		0,7
Арочные и коробчатые:	Рыхление пород при сооружении каналов и траншей	
сплошные		0,25
перфорированные		0,07
Насыпные из грунта	Не ограничены	0,33

Колебания среды вызывают колебания сооружений, расположенных в этой среде или на ее поверхности, что может привести к образованию трещин в этих сооружениях или их разрушению.

Скорость, амплитуда и период колебаний грунта являются основными факторами, которые определяют степень опасности сейсмических колебаний. Экспериментальное изучение этих факторов в разных грунтах и при различных количествах ВВ позволило определить безопасные расстояния по сейсмическому действию r_c по формуле М.А. Садовского:

$$r_c = K_c \alpha \sqrt[3]{Q}, \qquad (8.6)$$

где K_c – коэффициент, характеризующий грунт (принимается по табл. 8.8); α – коэффициент, зависящий от показателя действия взрыва (принимается по табл. 8.9); Q – масса ВВ, кг.

Таблица 8.8

Значения коэффициента K_c для различных пород в основании охраняемого сооружения

Вид грунта	K_c
Скальные породы:	
гранит, гнейс	1,5
плотные (кварциты)	3
нарушенные (известняки)	5
песчаники	6
Растительные и наносные грунты:	
галечниковые, щебнистые	7
песок плотный	8
лёсс, глины	9
суглинки	10
насыпные и почвенные	15
свеженасыпная земля и сыпучий песок, плывуны, торфяники	20

Примечание. При размещении заряда в воде или в водонасыщенных грунтах значения коэффициента K_c следует увеличить в 1,5–2 раза.

Таблица 8.9

Значения коэффициента α при различном значении показателя действия взрыва n

n	α
0,5	1,2
1	1,0
2	0,8
3	0,7

Таблица 8.10

Критическая скорость колебания сооружений $v_{кр}$

Тип сооружения (объекта)	$v_{гкр}$ (см/с) при воздействии	
	многократном	однократном
Промышленные здания, транспортные эстакады, большие и средние мосты средней и высокой капитальности	5	10
Одноэтажные каркасные промышленные здания, малосвязные породы в основании сооружений	10	20
Массив трещиноватых скальных пород, железобетонная обделка наполненных напорных туннелей М200, М300	20	50
Массив скальных малотрещиноватых с благоприятной ориентировкой трещин пород, массивный гидротехнический бетон, набравший не менее 70 % проектной прочности (М200, М300), железобетонная обделка туннелей	50	100
Массив прочных скальных пород	100	150

Примечание. Ввиду крайнего разнообразия геологических условий принятые значения критических скоростей подлежат уточнению в процессе изысканий и в ходе строительства.

Приведенный расчет пригоден для зданий обычного типа, находящихся в удовлетворительном техническом состоянии. При наличии в зданиях повреждений (трещины в стенах и т.п.), а также при многократных взрывах безопасные расстояния должны быть увеличены не менее чем в 2 раза.

Сейсмически безопасные массы сосредоточенных зарядов $Q_{с.б}$ (в кг) для сложных инженерных сооружений, а также для массивов горных пород определяются по формуле

$$Q_{с.б} = \left(\frac{v_{кр}\epsilon}{K_г}\right)^{\beta} r^3, \qquad (8.7)$$

где $v_{кр}$ — допустимая критическая скорость колебания, см/с, определяемая в зависимости от типа сооружения или состояния объекта по данным табл. 8.10; ϵ — коэффициент, принимаемый по табл. 8.11 и зависящий от условий взрывания и положения охраняемого объекта; β — коэффициент, зависящий от расстояния до охраняемого объекта (в ближней зоне, для объектов, расположенных на поверхности массива при расстояниях менее 100 диаметров заряда, $\beta = 1{,}0-1{,}5$; в

Таблица 8.11

Значения коэффициентов ε в зависимости от условий взрывания

Условия взрывания	ε
Рыхление в условиях карьеров, объект на поверхности земли	1,0
Взрыв в подземных условиях	1,5–3,0
Взрыв на выброс	1,5–2,0
Взрыв на рыхление при одной обнаженной поверхности	0,7–0,8

Примечания: 1. Для условий взрывания внутри (а не на поверхности) массива значения ε удваиваются. 2. При оконтуривании объекта щелью, образованной предварительным взрывом или другим способом, значения ε утраиваются.

Таблица 8.12

Значения коэффициента $K_г$ в зависимости от геологических условий

Категория трещиноватости пород	$K_г$
I	500
II	300
III	200
IV	100
V	50

дальней зоне, для объектов, расположенных на бóльших расстояниях, $\beta = 1{,}5-2{,}0$); $K_г$ — коэффициент, зависящий от геологических условий (табл. 8.12); r — расстояние до объекта, м.

Обычно приходится иметь дело с заданным расположением зарядов и защищаемых от сейсмической волны объектов. В этом случае объект окажется вне сейсмически опасной зоны, если будут обеспечены следующие условия:

$$(\alpha K_c)^3\left[\frac{Q_1}{r_1^3}+\frac{Q_2}{r_2^3}+\ldots+\frac{Q_n}{r_n^3}\right]<1, \qquad (8.8)$$

где Q_1, Q_2,..., Q_n — масса отдельных зарядов, кг; r_1, r_2,..., r_n — расстояния от этих зарядов до защищаемого объекта.

Для уменьшения безопасных расстояний по сейсмическому действию полезно, если это возможно, применять короткозамедленное взрывание зарядов. В этом случае сейсмические волны, возбужденные взрывом отдельных зарядов, следуют друг за другом, а так как интенсивность каждой из этих волн меньше интенсивности волны, возбужденной одновременным взрывом всех зарядов, то уменьшается сейсмическая опасность, снижаются безопасные расстояния.

При одновременном взрывании группы скважинных или шпуровых зарядов, если расстояния от отдельных зарядов до охраняемого объекта расходятся более чем на 10 %, сейсмобезопасные массы зарядов (в кг) определяют по формуле

$$Q_{с.б} = \left(\frac{v_{кр}\varepsilon}{K_г}\right)^{\beta}\left(\frac{r_1 + r_2 + \ldots + r_n}{n'}\right)^3, \qquad (8.9)$$

где r_1, r_2,... — расстояния до каждого из отдельных зарядов, м; n' — число зарядов.

При взрывании около современного жилого кирпичного здания с площадью основания не менее 300 м^2 массу предельно допустимого сосредоточенного заряда, размещаемого на расстоянии от 1 до 25 м от объекта, можно определить по формуле

$$Q_м = 0{,}2r^{1{,}5}, \qquad (8.10)$$

а для промышленных зданий и сооружений — по формуле

$$Q_м = 0{,}3r^{1{,}5}, \qquad (8.11)$$

где r — наименьшее расстояние от заряда до фундамента здания, м.

При короткозамедленном взрывании получающиеся по формулам (8.10) и (8.11) заряды можно использовать в каждой группе с интервалом замедления не менее 50 мс. Суммарный заряд при этом не ограничивается.

При одновременном взрывании массы зарядов ВВ радиус сейсмоопасной зоны $r_с$ рассчитывают по формуле

$$r_с = 9\sqrt[3]{Q}, \qquad (8.12)$$

а при многократном взрывании — по формуле

$$r_с = 25\sqrt[3]{Q}, \qquad (8.13)$$

где Q — суммарная масса заряда, кг.

Когда расстояние до охраняемого объекта меньше или равно расстоянию между отдельными зарядами, рассчитывают не общую сейсмобезопасную массу зарядов, а допустимую по условиям сейсмобезопасности взрыва линейную плотность заряжания.

При условии применения контурного взрывания допустимую линейную плотность заряжания $q_л$ (кг/м) определяют по формуле

$$q_л = 3\frac{v_{кр}}{K_г}r^3. \qquad (8.14)$$

При короткозамедленном взрывании формула для расчета суммарной сейсмобезопасной массы зарядов $Q_{кзв}$ (кг) такова:

$$Q_{кзв} = 0{,}65nQ_{с.б}, \qquad (8.15)$$

где $Q_{с.б}$ — масса отдельного сейсмобезопасного заряда, кг; n — число групп замедления.

При короткозамедленном взрывании в зависимости от трещиноватости взрываемых пород принимают следующие интервалы замедления:

Категория пород по трещиноватости	I—II	III	IV	V
Минимальный интервал, мс	35—50	25—35	15—25	10—15

При малых расстояниях от взрыва до охраняемого сооружения расчет по формуле (8.15) дает заниженные результаты.

При взрывании отдельных зарядов ВВ с интервалом замедления между группами не менее 20 мс радиус опасной зоны определяют по следующим формулам:

при однократном взрывании

$$r_c = 10\sqrt[3]{\frac{Q}{n'}}; \qquad (8.16)$$

при многократном взрывании

$$r_c = 29\sqrt[3]{\frac{Q}{n'}}, \qquad (8.17)$$

где n' — число групп.

Массы зарядов отдельных групп должны быть равны или отличаться не более чем на 20 %.

Критерием опасности повреждения зданий и сооружений служит сила сотрясения, выраженная в баллах.

Радиусы границы зон различной балльности определяют по формуле

$$r_c = K_б\sqrt[3]{Q}, \qquad (8.18)$$

где $K_б$ — коэффициент, учитывающий балльность зоны (выбирают из табл. 8.13).

Степень повреждаемости зданий и сооружений в зависимости от значения балльности колебаний грунта приведена в табл. 8.14.

Приведенные выше аналитические зависимости для определенных расстояний справедливы для сосредоточенных зарядов сферической формы. Экспериментальные данные по сейсмическому эффекту взрывов цилиндрических зарядов

Таблица 8.13

Значения коэффициента $K_б$ в зависимости от балльности зоны

Балльность зоны	$K_б$
5–6	25
6–7	16
8–9	5
9–10	3

Таблица 8.14

Шкала интенсивности сейсмических колебаний и возможные повреждения зданий и сооружений для различной балльности при взрывах

Характер воздействия сейсмических колебаний	Балльность
Колебания регистрируются только приборами	1
Колебания ощущаются в отдельных случаях при тишине	2
Колебания ощущаются людьми	3
Колебания ощущаются людьми; дребезжание стекол	4
Осыпание побелки, повреждение ветхих зданий	5
Тонкие трещины в штукатурке, повреждение зданий, имевших деформации	6
Повреждения зданий, трещины в штукатурке, тонкие трещины в стенах, трещины в печах и трубах	7
Значительные повреждения зданий, трещины в несущих конструкциях и стенах, большие трещины в перегородках, падение печных труб, обвалы штукатурки	8
Разрушение зданий: появление трещин в стенах, расслоение кладки, падение некоторых участков стен	9
Большие разрушения и обвалы зданий	10

приведены в статье А.А. Кузьменко в сборнике "Взрывное дело" № 81/38.

Наблюдения за колебаниями грунта проводились в этой работе при экспериментальных и промышленных взрывах вертикальных и горизонтальных цилиндрических зарядов выброса. За глубину заложения H вертикального цилиндрического заряда было принято расстояние от земной поверхности до середины (центра) заряда.

Параметры продольной p и поверхностной R волн при взрывах цилиндрических зарядов изучались раздельно в зависимости от массы Q, радиуса $r_з$, длины заряда l, глубины его заложения H, расстояния r и условий взрывания.

Продольная волна является преобладающей по интенсивности колебаний в ближней зоне действия взрыва, а поверхностная — в дальней упругой зоне. Под ближней зоной подразумевается зона остаточных деформаций грунтов, размеры которой определяются зависимостью

$$r_* = K\sqrt{q_л H_0}, \qquad (8.19)$$

где K — коэффициент, учитывающий свойства грунта (для глины K = 26, суглинка тяжелого — 14, суглинка среднего — 12, лёсса — 8); $q_л$ — линейная плотность заряжания, кг/м; H_0 — приведенная глубина заложения заряда ($H_0 = H / Q_n^{1/2}$), м/кг$^{1/2}$.

Как показал анализ экспериментального материала, в качественном отношении волновой процесс при взрывах вертикальных и горизонтальных цилиндрических зарядов подобен наблюдаемому при взрывах сферических зарядов. Первой на сейсмограммах фиксируется продольная волна p, которая с расстоянием интенсивно затухает, и с характерных расстояний r_* (границы зоны упругих колебаний) максимальные амплитуды колебаний наблюдаются в различных фазах волны R, причем максимальные амплитуды колебаний переходят в более отдаленные фазы с увеличением расстояния от взрыва.

В количественном отношении между параметрами волн при взрывах сферического и цилиндрического зарядов в одних и тех же условиях установлены существенные различия. Так, в ближней зоне действия взрыва интенсивность колебаний в продольной волне при взрыве сферического заряда превосходит аналогичные показатели при взрыве цилиндрического заряда в 2,0—2,5 раза. Сказанное подтверждается данными по смещениям грунта при взрывах цилиндрического и сферического зарядов массой 4 кг тротила (табл. 8.15). Сферический заряд располагался на глубине 4 м, а цилиндрический заряд длиной 4 м и радиусом 0,014 м — в скважине глубиной 6 м. Это различие в продольных волнах, постепенно уменьшаясь, сохраняется до расстояний, равных шести длинам цилиндрического заряда, после которых интенсивность колебаний в сферической и цилиндрической волнах выравнивается.

В поверхностной волне в зависимости от ориентации оси цилиндрического заряда относительно земной поверхности

Таблица 8.15

Сравнительные данные по максимальным смещениям грунта при взрыве сферического и цилиндрического зарядов

Расстояние *r*, м	Цилиндрический заряд		Сферический заряд	
	смещение (мм) в полях			
	p	*R*	*p*	*R*
6	4,0	–	8,3	–
8	2,4	–	4,6	–
10	1,5	–	4,0	–
12	1,0	–	4,2	–
15	0,38	0,80	1,4	1,12
20	–	0,59	0,32	0,91
30	0,09	0,50	0,14	0,63
40	–	–	0,04	0,40
45	0,025	0,35	–	–
63	–	0,25	–	0,25

интенсивность колебаний в сферической волне может быть больше или меньше интенсивности колебаний в цилиндрической волне. На расстоянии шести длин заряда от эпицентра взрыва интенсивности колебаний при сравниваемых взрывах выравниваются.

Экспериментально установлено, что переход цилиндрической волны в сферическую происходит на расстоянии, равном примерно $6l$ (l — длина заряда).

В ближней зоне действия взрыва цилиндрического заряда амплитуда колебаний зависит от радиуса заряда (или, что то же самое, от линейной плотности заряжания) и в малой степени от общей массы заряда.

Характерной особенностью действия взрыва цилиндрического заряда является также асимметрия интенсивности колебаний в разных направлениях: в направлении оси заряда и перпендикулярно к ней. Как видно из табл. 8.16, интенсивность сейсмических колебаний в направлении оси заряда не менее чем в 2—3 раза меньше интенсивности на таких же расстояниях в направлении, перпендикулярном к оси заряда, а при промышленных взрывах (суглинок средний) эта асимметрия интенсивности колебаний возросла в 7—8 раз.

Анализ экспериментального материала вида $a = f(r)$, где a — смещение грунта от расстояния r, позволяет считать параметром подобия для взрывов цилиндрических зарядов в ближней зоне радиус заряда (или линейную плотность заряжания).

Таблица 8.16

Интенсивность сейсмических колебаний

Масса заряда, кг	Длина заряда, м	Эпицентральное расстояние, м	Скорость смещений u (см/с) в направлении	
			перпендикулярном к оси заряда	вдоль оси заряда
$4{,}7 \cdot 10^4$	550	1100	3,00	0,32
		2200	1,44	0,20
$11 \cdot 10^4$	750	1500	2,96	0,41
		3000	1,44	0,19
680	34	40	5,40	1,78
		80	2,14	0,87
		160	0,76	0,39
		40	2,70	0,89
200	10	80	0,74	0,35
		120	0,29	0,18

Зависимости вида $a = f(r)$ для продольной волны при взрывах в тяжелых суглинках имеют следующий вид (анализируется только вертикальная составляющая z):

для вертикальных цилиндрических зарядов в ближней зоне

$$a_p = 13H^{0,9}Q_n^{1/2}(r / Q_n^{1/2})^{-1,31}, \qquad (8.20)$$

где H — глубина заложения верхнего торца заряда от земной поверхности, м;

в дальней зоне

$$a_p = 9H_0^{0,9}(r / Q_n^{1/2})^{-1,6}, \qquad (8.21)$$

где H_0 — приведенная глубина заложения заряда, м/кг$^{1/3}$.

В дальней зоне, где расстояние превышает r_*, т.е. в упругой области колебаний грунта, основную долю энергии сейсмических колебаний несет поверхностная волна, характеризующаяся большими периодами и амплитудами колебаний по сравнению с объемными волнами, регистрируемыми в этой же области.

Затухание смещений грунта в волне R с расстоянием при разных конструктивных особенностях и степени заглубления торца вертикального цилиндрического заряда в сжимаемых грунтах типа тяжелых суглинков характеризуется зависимостью

$$a_R = 5,5H_0^{0,54}Q^{0,6}r^{-1,18}. \quad (8.22)$$

Начиная с расстояния $r = 6l$, где цилиндрическая волна превращается в сферическую, максимальные смещения в продольной и поверхностной волнах с расстоянием затухают по законам заряда с центральной симметрией.

Основными временными параметрами изучаемых волн при взрыве вертикального цилиндрического заряда являются время нарастания смещений до максимума (τ_+, с) в продольной волне p и период колебаний частиц грунта (τ, с) в поверхностной волне R. В ближней зоне время нарастания смещений до максимума постепенно уменьшается при распространении волны от эпицентра к границам этой зоны, т.е. зоны остаточных деформаций грунтов (рис. 8.10 *а*). В упругой зоне τ_+ не зависит от расстояний, а только от свойств пород и массы заряда и выражается функцией

$$\tau_+ = 0,014Q^{0,13}. \quad (8.23)$$

Период в поверхностной волне определяется как удвоенный период между соседними фазами колебаний. Как видно из рис. 8.10 *б* и зависимости

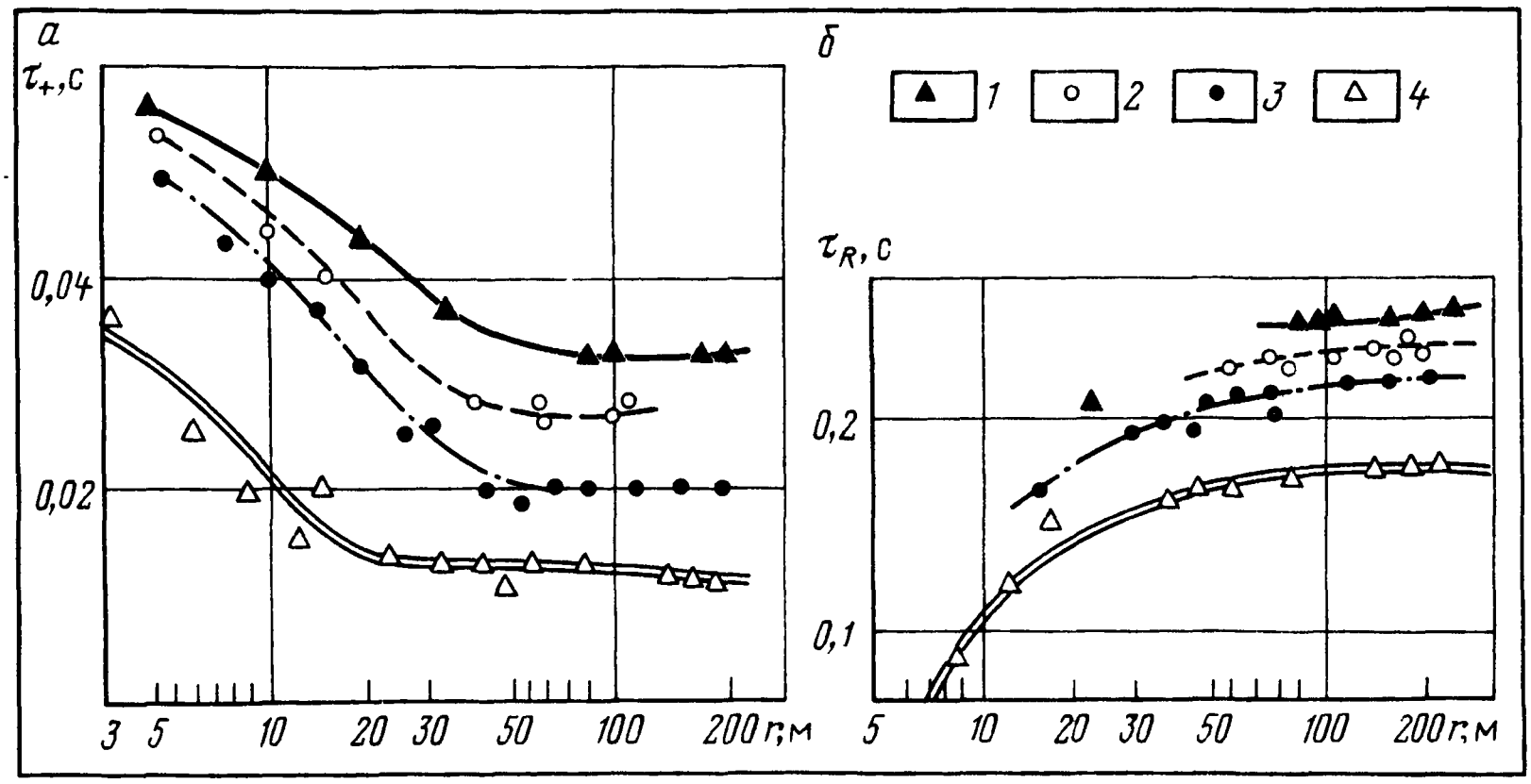

Рис. 8.10. Характер изменения временных параметров волн при взрывах вертикальных цилиндрических зарядов:
а — время нарастания смещений в волне p до максимума; *б* — период колебаний в волне R. *1* — масса заряда $Q = 350$ кг, длина заряда $l = 25$ м; *2* — $Q = 90$ кг, $l = 7$ м; *3* — $Q = 16$ кг, $l = 4$ м; *4* — $Q = 2$ кг, $l = 4$ м

$$\tau_R = 0{,}13Q^{0{,}07}r^{0{,}05}, \qquad (8.24)$$

период колебаний в поверхностной волне зависит от свойств грунта, массы заряда и расстояния.

Особенностью взрыва горизонтального цилиндрического заряда выброса является более четко, по сравнению со взрывом вертикального заряда, выраженная асимметрия интенсивности колебаний земной поверхности в разных направлениях относительно оси заряда. В ближней зоне действия взрыва горизонтальная составляющая превосходит вертикальную, это превосходство исчезает только в упругой области колебаний.

Для горизонтальных цилиндрических зарядов выброса в ближней зоне действия взрыва в направлении, перпендикулярном к оси заряда, скорость смещения u_r (см/с) в зависимости от эпицентрального расстояния выражается следующей степенной функцией:

$$u_r = KH_0^{0,9}(r / Q_n^{1/2})^{-1,6}, \qquad (8.25)$$

где K — коэффициент, зависящий от свойств грунта (табл. 8.17); H_0 — приведенная глубина заложения заряда ($H_0 = H / Q_n^{1/2}$, м/кг$^{1/2}$).

В упругой области колебаний при взрывах горизонтальных цилиндрических зарядов выброса на параметры сейсмовзрывных волн большее влияние, чем при взрывах вертикальных зарядов, оказывает длина заряда и меньшее — общая масса. Математическая обработка экспериментальных данных при взрывах горизонтальных зарядов выброса позволила выразить скорость смещений в поверхностной волне в зависимости от расстояния, массы заряда и условий взрывания до области превращения цилиндрической волны в сферическую (т.е. до расстояний $r = 6l$) в направлении, перпендикулярном к оси заряда, следующей степенной функцией:

$$u_R = K_1K_2H_0^{1,1}Q^{0,75}r^{-\alpha}, \qquad (8.26)$$

где K_1 — коэффициент, учитывающий отношения $l/d_{зар}$ (при $l/d_{зар}$ от 150 до 200 $K_1 = 0{,}9$; при $l/d_{зар}$ от 200 до 300 $K_1 = 0{,}95$; при $l/d_{зар} > 300$ $K_1 = 1$); K_2 и α — коэффициенты, учитывающие свойства грунта и затухание энергии взрыва. Они существенно зависят от объемной влажности грунта w_V и могут быть определены из следующих выражений:

Таблица 8.17

Значения коэффициентов *K* для различных грунтов

Номер площадки	Грунт	Место расположения площадки	K	K_c	β	$K_в$
1	Глина	Крымская обл.	600	3,0	0,55	52
3	Суглинок тяжелый	Киевская обл.	440	6,0	0,72	45
4	Суглинок средний	Волгоградская обл.	400	8,5	0,85	40
5	Лёсс	Херсонская обл.	300	16,5	1,20	35

$$K_2 = 360\ e^{Q^{-0,93}} w_V,\quad \alpha = 2,35 e^{-0,027} w_v. \tag{8.27}$$

В направлении, параллельном оси горизонтального заряда выброса, массовая скорость в поверхностной волне u_R (см/с) выражается зависимостью

$$u_R = K_в H_0^{1,1} Q^{0,4} r^{-\beta}, \tag{8.28}$$

где $K_в$ и β – коэффициенты, учитывающие свойства грунта и затухание энергии взрыва (см. табл. 8.17), и мало зависит от расстояния.

На расстояниях, превышающих шесть длин цилиндрического заряда, расчет массовой скорости можно вести как для сосредоточенного заряда, по формуле М.А. Садовского

$$u = f(K,\ n)\left(\frac{\sqrt[3]{Q}}{r}\right)^{1,5} \tag{8.29}$$

Период колебаний в поверхностной волне с расстоянием при промышленных взрывах удлиненного заряда выброса в направлении, перпендикулярном к оси заряда, возрастает с увеличением как расстояния, так и массы заряда и зависит от свойств грунта. В общем виде сказанное выражается формулой

$$T_R = K_r Q^{0,145} r^{0,005}, \tag{8.30}$$

где K_r – коэффициент, учитывающий свойства грунта (для суглинистых грунтов в зависимости от влажности K_r составляет 0,085–0,105, для лёсса – 0,055; для мелкого сухого сцементированного песка – 0,045).

Сравнение продолжительности колебаний в направлениях, параллельном и перпендикулярном к оси заряда, показывает,

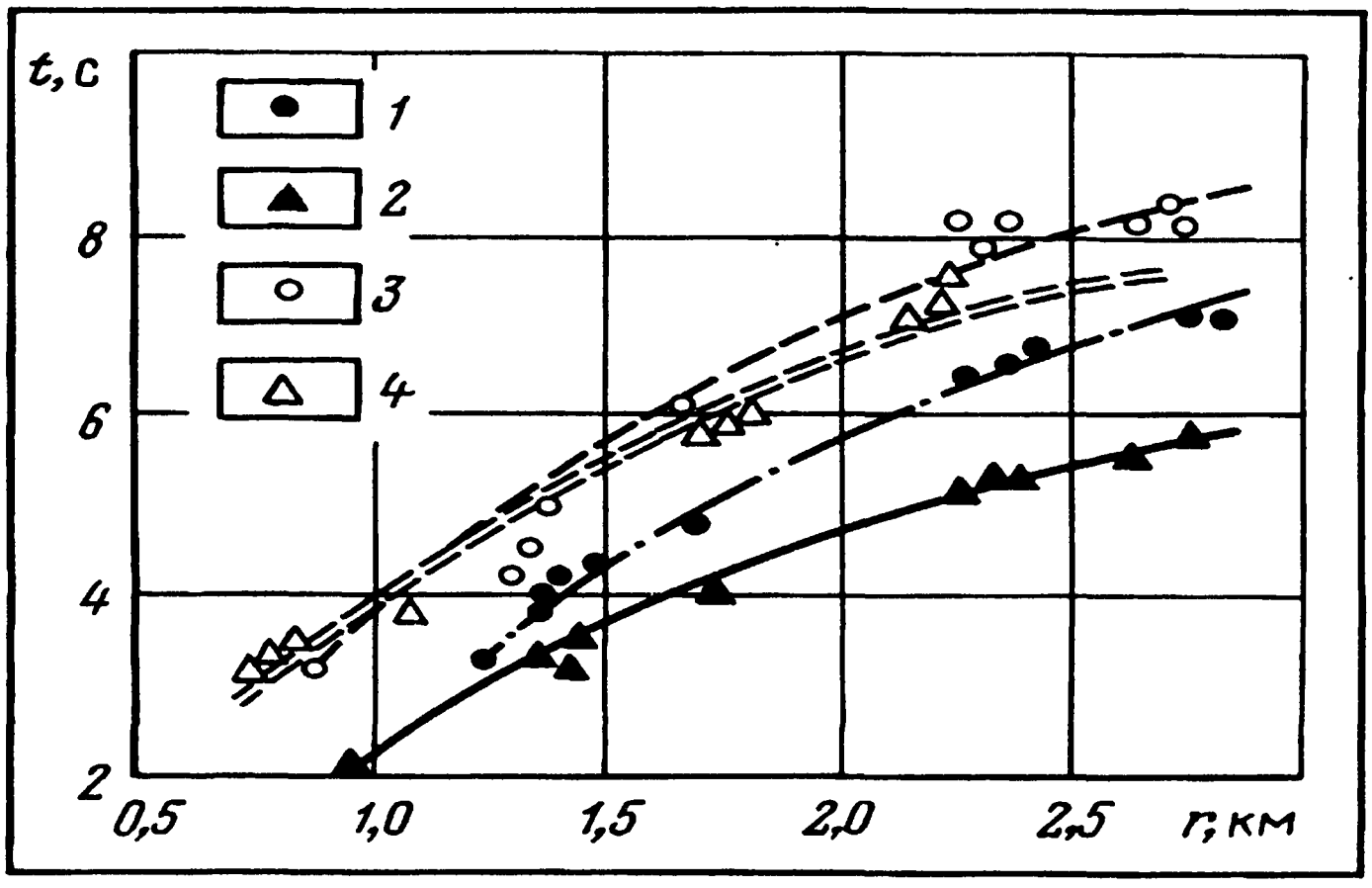

Рис. 8.11. Характер изменения с расстоянием продолжительности колебаний грунта (*t*, с) при взрывах горизонтальных удлиненных зарядов выброса в направлении, перпендикулярном к оси заряда (*1, 2*) и вдоль оси (*3, 4*):
1, 3 — $Q = 11 \cdot 10^4$ кг, $l = 750$ м, ВВ — гранулит АС-4; *2, 4* — $Q = (4 - 7) \cdot 10^4$ кг, $l = 550$ м, ВВ — то же

что продолжительность колебаний в первом случае больше, чем во втором (рис. 8.11).

Данные исследований позволили описать сейсмобезопасные расстояния $r_с$ эмпирическими формулами по критерию массовой скорости при взрывах одиночных вертикальных цилиндрических зарядов в грунтах, подобных по своим свойствам тяжелым суглинкам:

1) в ближней зоне по действию прямой продольной волны

$$r_с = 25H^{0,7}Qn^{0,9}\ u_{кр}^{-0,77}, \qquad (8.31)$$

где $u_{кр}$ — критическая скорость колебаний для охраняемых объектов;

2) в дальней зоне по действию поверхностной волны

$$r_с = 20H_0^{0,46}Q_0^{0,33}u_{кр}^{-0,80}. \qquad (8.32)$$

При взрывах горизонтальных цилиндрических зарядов выброса расчет ведется так:

1) в ближней зоне по действию прямой продольной волны

$$r_с = K_с H_0^{0,56}Q_n^{0,5}u_{кр}^{-0,6}, \qquad (8.33)$$

где $K_с$ — коэффициент, учитывающий свойства грунтов (см. табл. 8.7);

2) в дальней зоне по действию поверхностной волны в направлении, перпендикулярном к оси заряда,

$$r_c = 18 H_0^{\frac{1,1}{\alpha}} Q^{\frac{0,75}{\alpha}} u_{кр}^{-\frac{1}{\alpha}}, \qquad (8.34)$$

где α — коэффициент, учитывающий свойства грунтов и симметрию заряда; он определяется по формуле (8.27);

3) в направлении вдоль оси горизонтального заряда

$$r_c = H_0^{\frac{1,1}{\beta}} Q^{\frac{0,4}{\beta}} u_{кр}^{-\frac{1}{\beta}}, \qquad (8.35)$$

где β — коэффициент, учитывающий свойства грунтов (см. табл. 8.17).

Анализ результатов изучения сейсмобезопасных расстояний при взрывах удлиненных цилиндрических зарядов показал, что по сравнению с сейсмобезопасными расстояниями при взрывах сосредоточенных зарядов первые могут или превышать, или быть меньше в 1,5—2,0 раза последних до области трансформации цилиндрической волны в сферическую. Так, при взрывах вертикальных цилиндрических зарядов с воронкой выброса в устьевой части сейсмобезопасные зоны меньше, а при взрывах горизонтальных удлиненных зарядов выброса они больше, чем при взрывах сосредоточенных зарядов.

Из исследований сейсмического эффекта взрыва удлиненного горизонтального заряда выброса вытекает, что в тех случаях, когда строгая направленность оси заряда не диктуется технологическими условиями, сейсмическое воздействие взрыва на охраняемый объект можно уменьшить в 5—10 раз (в зависимости от расстояния до объекта), если расположить ось заряда в направлении на этот объект.

Для снижения сейсмического воздействия на здания и сооружения при взрывании скальных и сезонно-мерзлых грунтов рекомендуется применение противосейсмического экрана в виде щели или траншей, расположенных между местом взрыва и охраняемым объектом.

Глубина щели или траншей при взрывании мерзлых грунтов должна соответствовать полной мощности промерзания и быть не меньше глубины заложения заряда ВВ. Длина такого экрана должна быть не менее длины охраняемого объекта. В этом случае сейсмическое воздействие снижается в 3—4 раза.

Противосейсмические щели целесообразно применять, если расстояние от места взрыва до охраняемого объекта не превышает 100 м.

Радиус опасной зоны по действию воздушной ударной волны рассчитывают при проведении взрывов на выброс, а также при взрывании наружных зарядов или зарядов, углубленных на свою высоту.

При защите сооружений от разрушения их ударной воздушной волной не всегда имеется возможность выдержать такие безопасные расстояния, на которых объект не получит никаких повреждений, так как эти расстояния получаются в ряде случаев весьма большими. Поэтому иногда приходится допускать те или иные повреждения объектов, расположенных вблизи очагов взрыва, т.е. устанавливать различные степени безопасности, а всю зону действия воздушной ударной волны соответственно делить на следующие зоны:

отсутствия каких-либо повреждений или незначительных повреждений — могут быть разбиты стекла (первая и вторая степени безопасности — табл. 8.18);

слабых разрушений, в пределах которой разрушаются тонкие деревянные перегородки, двери, оконные рамы и стекла, повреждается штукатурка, а в каменной кладке возможно появление тонких волосяных трещин (третья и четвертая степени безопасности);

средних разрушений, в пределах которой разрушаются деревянные и малостойкие каменные здания, образуются сдвиги и трещины в прочной каменной кладке (пятая степень безопасности);

сильных разрушений, в пределах которой наблюдаются разрушения каменных и кирпичных зданий, промышленных сооружений, повреждения мостов и железнодорожного полотна (шестая степень безопасности).

Безопасные расстояния по действию воздушной ударной волны $r_в$ (м) определяются в зависимости от массы заряда ВВ по формуле

$$r_в = K_в\sqrt{Q} \qquad (8.36)$$

или по формуле

$$r_в = K'_в\sqrt[3]{Q}, \qquad (8.37)$$

Таблица 8.18

Значения коэффициентов $K_в$, $K_в'$

Степень безопасности	Возможные повреждения	Открытый заряд			Углубленный заряд		
		Q, т	$K_в$	$K_в'$	Q, т	$K_в$	$K_в'$
1	Отсутствие повреждений	< 10	50–150	–	< 20	20–50	–
		> 10	–	400	> 20	–	200
2	Случайные повреждения остекленения	< 10	10–30	–	< 20	5–12	–
		> 10	–	100	> 20	–	50
3	Полное разрушение остекленения. Частичные повреждения рам, дверей, нарушение штукатурки и внутренних легких перегородок	< 10	5–8	–	< 20	–	–
		> 10	–	30–50	> 20	2–4	–
4	Разрушение внутренних перегородок, рам, дверей бараков, сараев и т.п.	–	2–4	–	–	1–2	–
5	Разрушение малостойких каменных и деревянных зданий, опрокидывание железнодорожных составов, повреждение линий электропередач	–	1,5–2	–		0,5–1	–
6	Пролом прочных кирпичных стен, полное разрушение коммунальных и промышленных сооружений, повреждение ж.-д. мостов и полотна	–	1,4	–	Разрушение в пределах воронки	–	–

где Q – масса заряда ВВ, кг; $K_в$ и $K_в'$ – коэффициенты, зависящие от массы заряда, его расположения и характера допустимых повреждений в окружающих сооружениях (т.е. допустимой степени безопасности); они принимаются по табл. 8.18.

Формула (8.37) применяется для открытых зарядов массой больше 10 т при первой – третьей степенях безопасности и для зарядов массой больше 20 т, заглубленных на свою высоту, при первой и второй степенях безопасности.

Свойства ВВ при расчете безопасных расстояний не учитываются. Если защищаемый объект расположен непосредственно за преградой, стоящей на пути распространения воздушной ударной волны, безопасное расстояние, рассчитанное по указанным формулам, может быть уменьшено, но не более чем в 2 раза. При производстве взрывов в узких долинах или проходах между стенами безопасные расстояния должны удваиваться. Если за местом взрыва в радиусе меньше $1{,}5\sqrt[3]{Q}$ имеются прочные преграды в виде стен, валов и т.п., то в направлении, противоположном этим преградам, радиус безопасной зоны должен удваиваться.

Выбор конкретных значений коэффициентов $K_в$, $K'_в$ (в пределах, заданных в табл. 8.18) зависит от состояния защищаемого сооружения: чем прочнее сооружение, тем меньшее значение коэффициента может быть принято. Состояние сооружений уточняется на месте осмотром.

Минимальное безопасное расстояние (в м) для человека по действию на него ударной волны рассчитывается по формуле

$$r_{\min} = 15\sqrt[3]{Q}, \qquad (8.38)$$

где Q – масса заряда, кг.

При подсчете по формуле избыточное давление примерно равно 0,01 МПа, что гарантирует от контузии. В обычных условиях производства взрывных работ значение коэффициента в формуле следует увеличивать в 2–3 раза.

Для снижения интенсивности ударной воздушной волны рекомендуется выполнять следующие мероприятия:

производить рассредоточение зарядов во взрываемом массиве;

применять короткозамедленное взрывание и схемы замедления для направления отбойки в сторону, противоположную охраняемым объектам;

выполнять качественную забойку шпуров (скважин);

засыпать сеть ДШ слоем песка толщиной 10 – 15 см;

защищать охраняемый объект укрытиями (закрывать застекленные части зданий и сооружений щитами из досок, металла, фанеры и т.д.);

применять специальные укрытия по всей площади взрываемого грунта.

Радиус газоопасной зоны при взрывных работах на поверхности определяют при проектировании взрывов на рыхление или выброс (сброс) при общей массе взрываемых зарядов более 100 т.

Исходным условием для расчета является требование Единых правил безопасности к допустимой концентрации ядовитых газов (в пересчете на CO) на границе опасной зоны.

Расчетная формула имеет вид

$$r_г = K_2\sqrt{CQ}, \qquad (8.39)$$

где $r_г$ – радиус газоопасной зоны, м; Q – общая масса взрываемых зарядов, кг; C – количество ядовитых газов (в пересчете на CO), выделяемых 1 кг ВВ, л/кг; K_2 – экспериментальный коэффициент, равный 1,0 – 1,5.

При установлении радиуса газоопасной зоны учитываются климатические особенности в районе взрыва (направление и скорость ветра). При четком направлении ветра на время взрыва радиус газоопасной зоны увеличивается в подветренную сторону в 2 раза.

Ударная воздушная волна на некоторых расстояниях, сохраняя еще значительную мощность, способна вызывать **детонацию** во встретившемся на ее пути ВВ. Иногда это явление бывает полезным и может быть использовано для взрывания нескольких "пассивных" зарядов ВВ от взрыва одного "активного" заряда, взрываемого зажигательной трубкой или электродетонатором.

Однако в большинстве случаев приходится, наоборот, оберегать один заряд от взрыва соседнего заряда, т.е. располагать его на таких расстояниях, при которых был бы невозможен его взрыв. В этом случае расчет безопасного расстояния по детонации $r_д$ ведется по формуле

$$r_д = K_д\sqrt[3]{Q}\sqrt[4]{D}, \qquad (8.40)$$

Таблица 8.19

Значения коэффициента $K_д$, характеризующего свойства ВВ по передаче детонации на расстояние для открытых (О) и углубленных (У) зарядов

Активный заряд		Пассивный заряд									
тип ВВ	расположение заряда	аммиачно-селитренные ВВ и ВВ, содержащие до 40 % нитроэфиров		ВВ, содержащие 40 % нитроэфиров и более		тротил		ТЭН, гексоген, тетрил		детонаторы	
		О	У	О	У	О	У	О	У	О	У
Аммиачно-селитренные ВВ и ВВ, содержащие до 40 % нитроэфиров	О	0,65	0,4	0,9	0,65	1	0,8	1,5	1,1	0,65	0,4
	У	0,4	0,25	0,65	0,4	0,8	0,5	1,1	0,65	0,4	0,25
ВВ, содержащие 40 % нитроэфиров и более	О	1,3	0,8	1,8	1,3	2,0	1,6	3,0	2,2	1,3	0,8
	У	0,8	0,5	1,3	0,8	1,6	1,0	2,2	1,5	0,8	0,5
Тротил	О	1,0	0,75	1,3	1,0	1,5	1,1	2,6	1,6	1,0	0,75
	У	0,75	0,5	1,0	0,7	1,1	0,65	1,6	1,2	0,75	0,54
ТЭН, гексоген, тетрил	О	2,0	1,2	2,8	2,0	3,2	2,4	5,5	4,4	2,0	1,2
	У	1,2	0,8	2,0	1,0	2,4	1,6	4,4	3,2	1,2	0,8
Детонаторы	О	0,35	0,2	0,6	0,4	0,55	0,45	0,8	0,6	0,35	0,2
	У	0,2	0,15	0,4	0,3	0,45	0,3	0,6	0,4	0,2	0,15

Примечание. 1 м детонирующего шнура равен пяти капсюлям-детонаторам.

где Q — масса "активного" заряда, кг; D — наименьший линейный размер "пассивного" заряда, равный его ширине или удвоенной высоте, м; $K_{\text{А}}$ — коэффициент, зависящий от свойств "активного" и "пассивного" зарядов ВВ и их расположения (табл. 8.19).

Если "активный" заряд состоит не из одного ВВ, а из нескольких (например, при размещении различных ВВ в одном хранилище склада), то формула приобретает вид

$$r_{\text{А}} = \sqrt[3]{K_{\text{А}1}^3 Q_1 + K_{\text{А}2}^3 Q_2 + \ldots + K_{\text{А}n}^3 Q_n}\sqrt[4]{D}, \qquad (8.41)$$

где Q_1, Q_2,..., Q_n — масса зарядов различных ВВ, кг; $K_{\text{А}1}$, $K_{\text{А}2}$, $K_{\text{А}n}$ — соответствующие этим ВВ коэффициенты.

9. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ УТИЛИЗИРОВАННЫХ ВВ НА ВЗРЫВНЫХ РАБОТАХ

9.1. МЕТОДИКА РАСЧЕТА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ВМ

Оценка экономической эффективности применения любых боеприпасов и ВВ, в том числе и конверсируемых (КВВ), должна основываться на системном подходе, основные положения которого сводятся к следующему:

1) исследуемый объект представляется как относительно самостоятельная система и одновременно как подсистема более широкой системы, т.е. системы более высокого уровня;

2) система состоит из элементов, ее свойства не сводятся к простой сумме свойств элементов, а представляют собой новое качество, присущее только системе;

3) между элементами системы существуют различные связи, совокупность которых определяет структуру системы, которая может иметь ряд уровней по вертикали и горизонтали;

4) система реализует определенные функции в соответствии с ее предназначением; ее элементы и система в целом подвергаются количественным и качественным изменениям.

Системный подход к оценке эффективности должен быть реализован в принципах цели, целостности, сложности и историзма.

Принцип цели состоит в том, что при исследовании объекта прежде всего необходимо выявить его предназначе-

ние, цель функционирования и средства ее достижения.

Принцип целостности требует выделения объекта из совокупности других, исследования свойств элементов системы и системы в целом.

Принцип сложности указывает на необходимость рассмотрения объектов исследования как сложной совокупности различных элементов, находящихся в разнообразных связях между собой и элементами среды.

Принцип историзма предполагает исследование прошлого системы, что позволяет вскрывать закономерности и оценивать тенденции их развития.

Из перечисленных принципов системного подхода следует, что любой ВМ при оценке экономической эффективности его применения нельзя рассматривать оторванно от внешних условий, в которых последний будет функционировать. При этом важное значение приобретает учет возможных воздействий ВМ на окружающую среду, а также его характеристик (плотность, удельная энергия взрывчатого превращения, безопасность применения, безотказность и др.). Экономическая эффективность использования ВМ может оцениваться некоторым *критерием эффективности,* под которым понимается определенная величина, характеризующая уровень приспособленности данного материала к выполнению конкретных задач. Численные значения выбранных критериев, по которым можно судить об эффективности ВМ, получили название *показателей эффективности.* Сравнение таких показателей для различных ВМ позволяет сделать заключение о целесообразности применения одних ВМ и нецелесообразности применения других.

Необходимо также отметить, что критерий эффективности должен выбираться таким образом, чтобы он мог гибко реагировать на изменение условий применения ВМ. В одних случаях утилизируемые боеприпасы (или ВВ) могут оказаться намного эффективнее обычных промышленных ВВ, а в других случаях — наоборот.

Уровень приспособленности любого боеприпаса или ВВ к выполнению каких-либо задач в общем виде может оцениваться величиной стоимостных затрат на использование данных боеприпасов или ВВ. В качестве же безразмерного критерия экономической эффективности применения кон-

версируемых ВВ может использоваться отношение

$$K_{эф} = \frac{C_п^{КВВ}}{C_п^{ВВ}}, \qquad (9.1)$$

где $C_п^{КВВ}$ и $C_п^{ВВ}$ — полная стоимость использования для выполнения определенного объема работы соответственно КВВ и какого-либо широко распространенного промышленного ВВ (например, гранулотола).

Более подробно отношение (9.1) может быть записано в следующем виде:

$$K_{эф} = \frac{C_п^{КВВ}}{C_п^{ВВ}} = \frac{C^{КВВ} + C_{тр}^{КВВ} + C_{скл}^{КВВ} + C_{подг}^{КВВ} + C_{взр}^{КВВ} + C_{ликв}^{КВВ} + C_{без}^{КВВ}}{C^{ВВ} + C_{тр}^{ВВ} + C_{скл}^{ВВ} + C_{взр}^{ВВ} + C_{ликв}^{ВВ} + C_{без}^{ВВ}}, \qquad (9.2)$$

где $C^{КВВ}$, $C_{тр}^{КВВ}$, $C_{скл}^{КВВ}$, $C_{подг}^{КВВ}$, $C_{взр}^{КВВ}$, $C_{ликв}^{КВВ}$, $C_{без}^{КВВ}$ — соответственно остаточная удельная стоимость и стоимость получения конверсируемого ВВ ($C^{КВВ}$), удельные стоимости транспортировки ($C_{тр}^{КВВ}$), складирования и охраны складов ($C_{скл}^{КВВ}$), дополнительных подготовительных мероприятий ($C_{подг}^{КВВ}$), непосредственной подготовки к взрыву ($C_{взр}^{КВВ}$), ликвидации последствий применения данного конверсируемого ВВ ($C_{ликв}^{КВВ}$), обеспечения безопасности при его применении ($C_{без}^{КВВ}$); $C^{ВВ}$, $C_{тр}^{ВВ}$, $C_{скл}^{ВВ}$, $C_{взр}^{ВВ}$, $C_{ликв}^{ВВ}$, $C_{без}^{ВВ}$ — соответственно стоимость промышленного ВВ, его транспортировки, складирования, непосредственной подготовки к взрыву, ликвидации последствий применения данного ВВ и обеспечения безопасности при его применении.

Очевидно, что экономическая целесообразность применения всякого конверсируемого ВВ в народном хозяйстве будет определяться условием

$$K_{эф} \leq 1.$$

Следует, однако, заметить, что использование списываемых боеприпасов в качестве ВМ в народном хозяйстве будет возможным в большинстве случаев и при $K_{эф} > 1$. Это связано прежде всего со значительными запасами вооружений, подлежащих промышленной утилизации. В соответствии с существующими в мире договоренностями они долж-

ны быть уничтожены в определенные сроки. Даже в том случае, если конверсируемые боеприпасы не будут применяться в народном хозяйстве для производства взрывных работ, они будут уничтожаться каким-либо способом — химическим, взрывным и т.п., а значит, потребуются дополнительные затраты на их уничтожение. В связи с этим при оценке экономической допустимости применения конверсируемых боеприпасов вполне логичным оказывается увеличение знаменателя отношений (9.1) и (9.2) на величину стоимости уничтожения (переработки) этих боеприпасов так, что безразмерный критерий экономической допустимости их применения может быть записан в виде

$$K_{доп} = \frac{C_{п}^{КВВ}}{C_{п}^{ВВ} + C_{ун}^{КВВ}} \leq 1, \qquad (9.3)$$

где $C_{ун}^{КВВ}$ — стоимость уничтожения конверсируемых боеприпасов.

Вопросы определения стоимостных величин, входящих в соотношения (9.2) и (9.3), представляют собой достаточно сложную задачу. Эти величины будут зависеть от условий применения конверсируемых ВМ, их характеристик, технических возможностей применения, различных экономических ограничений, а также экологических последствий. Ниже рассматривается один из возможных вариантов их определения.

Будем считать, что ликвидации подлежит некоторая партия боеприпасов. Это может быть выполнено различными методами, начиная от простого взрывного или химического уничтожения без использования в народном хозяйстве и заканчивая применением содержащихся в боеприпасах ВВ как энергоносителей вместо промышленных ВВ. Требуется оценить экономическую эффективность такой утилизации ВМ для решения некоторой задачи Z, например, рыхления горных пород, разделки железобетонных конструкций и т.п.

Извлекать ВВ из боеприпасов для последующего использования в народном хозяйстве можно различными методами (см. гл. 2), в связи с чем и физико-химические свойства ВМ, получаемых в результате утилизации, могут различаться. Поэтому количество ВМ, используемых для решения задачи Z, будем характеризовать K-мерным вектором $\vec{N} = (n_1, \ldots, n_K)$,

где K — число методов переработки утилизируемой партии боеприпасов, результаты применения которых могут быть использованы для решения задачи Z; n_i — масса ВМ, полученного из утилизируемой партии боеприпасов i-м методом и использованная для решения задачи Z ($i = 1, ..., K$).

Безопасность (т.е. вероятность отсутствия несанкционированного срабатывания) определенного количества ВМ, полученного i-м методом утилизации боеприпасов — b_i, в общем виде будет зависеть от ряда характеристик этого ВМ, т.е.

$$b_i = b_i(h_1^{(i)}, ..., h_m^{(i)}) \text{ при } i = 1, ..., K,$$

где $h_j^{(i)}$ — j-я характеристика ВМ, полученного i-м методом утилизации.

Аналогично безотказность (т.е. вероятность взрыва при инициировании) для данного ВМ будет характеризоваться функцией u_i:

$$u_i = u_i(h_1^{(i)}, ..., h_r^{(i)}) \text{ при } i = 1, ..., K,$$

а безопасность и безотказность всех ВМ, используемых для решения задачи Z, соответственно векторами $\vec{B}$ и $\vec{U}$:

$$\vec{B} = (b_1, ..., b_k) = [b_1(h_1^{(1)}, ..., h_m^{(1)}), ..., b_K(h_1^{(K)}, ..., h_m^{(K)})];$$

$$\vec{U} = (u_1, ..., u_k) = [u_1(h_1^{(1)}, ..., h_r^{(1)}), ..., u_K(h_1^{(K)}, ..., h_r^{(K)})].$$

Под остаточной стоимостью боеприпасов следует понимать ту стоимость, которая определяется в процессе их изготовления, но с учетом снижения в связи с хранением и потерей тех свойств, ради которых изготовлялась данная продукция. Стоимость изделий, утилизируемых не по политическим мотивам, а вследствие невозможности их эксплуатации по назначению (возможность взрывов, отказов и т.п.), после истечения срока хранения может быть близка к нулевой. В случае возможности разборки изделия на составные части его стоимость может определяться стоимостью материалов (металла) в качестве лома или заготовок для других изделий. Так, стоимость латунных гильз в списанных артиллерийских выстрелах составляет до 80 % стоимости всего выстрела. Для зерненых порохов, шашек БРТТ, зарядов ВВ, неразборных

БЧ (и т.д.) Министерством обороны установлена нулевая оптовая стоимость. Таким образом, с учетом отмеченного вектор остаточной стоимости может быть записан в виде

$$\vec{C}_{\text{ост}} = \left(\frac{C_{\text{н}} f(t)}{M_1}, \ldots, \frac{C_{\text{н}} f(t)}{M_K} \right), \tag{9.5}$$

где $\vec{C}_{\text{ост}}$ — вектор остаточной стоимости единицы массы конверсируемого ВВ; $C_{\text{н}}$ — начальная стоимость одного боеприпаса; $f(t)$ — функция, характеризующая снижение первоначальной стоимости боеприпаса во времени ($f(t) \leq 1$); M_i ($i = 1, \ldots, K$) — масса ВМ, получаемого при утилизации одного боеприпаса i-м методом.

Стоимость получения единицы массы ВМ при утилизации боеприпаса будет обусловлена характеристиками технологического процесса переработки и в общем случае может быть определена как

$$\vec{C}_{\text{ут}} = (C_{\text{ут}_1}, \ldots, C_{\text{ут}_K}), \tag{9.6}$$

где $\vec{C}_{\text{ут}}(i = 1, \ldots, K)$ — стоимость получения единицы массы ВМ при использовании i-го метода утилизации.

Большое влияние на эффективность применения КВМ в промышленности будут оказывать транспортные расходы, которые включают в себя стоимость погрузочно-разгрузочных работ, мероприятий по обеспечению их безопасности, затраты на перевозку, сопровождение и охрану груза и т.п. В значительной мере транспортные расходы зависят от взаимного удаления склада, на котором хранится партия подлежащих утилизации боеприпасов, завода, перерабатывающего данную партию, и потребителя. Величину этих расходов можно существенно снизить, разворачивая производство конверсируемых ВВ в допустимой близости от военных складов, баз и мест их использования.

В общем виде удельные транспортные расходы будем характеризовать вектором

$$\vec{C}_{\text{тр}} = (\vec{C}_{\text{тр}_1} + \vec{C}_{\text{тр}_2}),$$

где $\vec{C}_{\text{тр}_1}$ и $\vec{C}_{\text{тр}_2}$ — векторы, характеризующие удельные транс-

портные расходы на доставку соответственно утилизируемой партии боеприпасов к месту переработки ($C_{тр1}$) и полученных конверсируемых ВМ к месту использования (месту производства взрывных работ).

Вектор ($\vec{C}_{тр1}$) может быть представлен в виде

$$\vec{C}_{тр1} = \left(\frac{C_{тр.общ}}{NM_1}, \ldots, \frac{C_{тр.общ}}{NM_K} \right), \tag{9.7}$$

где $C_{тр.общ}$ – общие транспортные расходы на доставку партии боеприпасов (N штук) к месту переработки,

а вектор $\vec{C}_{тр2}$ – в виде

$$\vec{C}_{тр2} = \left(\frac{C^1_{тр}}{MN_1}, \ldots, \frac{C^K_{тр}}{NM_K} \right), \tag{9.8}$$

где $C^i_{тр}$ ($i = 1, \ldots, K$) – общие транспортные расходы на доставку полученных i-м способом переработки конверсируемых ВМ к месту использования.

Удельные затраты на складирование и охрану складов будут определяться вместимостью последних, наличием средств механизации погрузочно-разгрузочных работ, охранных средств, подготовленностью обслуживающего персонала и могут быть заданы вектором

$$\vec{C}_{скл} = (C_{скл_1}, \ldots, C_{скл_K}), \tag{9.9}$$

i-я координата которого ($i = 1, \ldots, K$) показывает затраты на складирование и охрану складов, приходящиеся на единицу массы КВМ, полученного i-м методом утилизации.

Дополнительные подготовительные мероприятия могут быть связаны с разработкой проектов взрывов с применением конверсируемых ВВ, отработкой технологии заряжания скважин, а также проведением дополнительных испытаний на пригодность к применению данных КВМ. Аналогично выражениям (9.5) – (9.9) затраты на эти мероприятия задаются вектором

$$\vec{C}_{подг} = (C_{подг_1}, \ldots, C_{подг_K}). \tag{9.10}$$

Стоимости непосредственной подготовки к взрыву и обеспечения безопасности при использовании конверсируемых

ВВ будут определяться порядком применения каждого из этих ВВ на взрывных работах, а также предполагаемым объемом работ и мероприятий, проводимых для обеспечения безопасности (оборудование козырьков, укрытий, заземление воронок и т.п.). Оценка величин указанных стоимостей для каждого КВМ — самостоятельная сложная задача, учитывающая все особенности использования последнего. Так, для заряжания скважин зарядами УЗ будет необходимо создание специального приспособления (см. гл. 3), в то время как при применении для этой цели пироксилиновых россыпных порохов потребуются воронки. При заряжании же скважин зарядами из трубчатых порохов наличие воронок будет не обязательным.

В связи с этим векторы, характеризующие удельные стоимости непосредственной подготовки к взрыву КВМ и обеспечения безопасности при взрывных работах, в общем виде можно представить так:

$$\vec{C}_{\text{взр}} = (C_{\text{взр}_1}, \ldots, C_{\text{взр}_K}),$$

$$\vec{C}_{\text{без}} = (C_{\text{без}_1}, \ldots, C_{\text{без}_K}), \qquad (9.11)$$

где каждая i-я координата векторов есть удельная стоимость подготовки к взрыву и обеспечения безопасности взрывных работ в соответствии с использованием КВМ, полученных i-м способом утилизации.

Важной проблемой является учет безопасности и безотказности функционирования КВМ. Очевидно, что несанкционированное срабатывание КВМ или, наоборот, их отказы при инициировании приводят к дополнительным затратам на ликвидацию последствий таких событий.

Удельные финансовые затраты на ликвидацию последствий несанкционированного срабатывания зарядов из КВМ будут определяться объемом задач по восстановлению разрушенных сооружений, механизмов и машин, очистке местности в районе взрыва, а также оказанию помощи пострадавшим:

$$\vec{C}_{\text{нс}} = (C_{\text{нс}_1}, \ldots, C_{\text{нс}_K}). \qquad (9.12)$$

Удельные финансовые затраты при отказах КВМ будут определяться способом ликвидации таких зарядов и для раз-

личных ВМ могут существенно различаться. Так, ликвидацию отказавших скважинных зарядов ПМ разрешается проводить как взрыванием отказавшего или вспомогательного заряда, так и разборкой породы в месте нахождения отказа с извлечением зарядов ПМ или остатков ВВ вручную, в то время как ликвидация отказавших скважинных зарядов из баллиститных шашек допустима только взрывным способом. Поэтому в общем виде величину таких затрат аналогично выражению (9.12) будем характеризовать вектором

$$\vec{C}_{\text{отк}} = (C_{\text{отк}_1}, ..., C_{\text{отк}_K}). \qquad (9.13)$$

Кроме того, даже в случае успешного проведения взрывных работ потребуется проведение мероприятий для обеспечения экологической чистоты окружающей среды в районе взрывных работ (установка очистных фильтров, сооружений, насосов и т.п.). Величину этих затрат будем учитывать удельным стоимостным вектором

$$\vec{C}_{\text{з.ч}} = (C_{\text{э.ч}_1}, ..., C_{\text{э.ч}_K}).$$

Общий вектор затрат на ликвидацию последствий проведения взрывных работ с использованием КВМ с учетом векторов безопасности и безотказности (9.4) запишется в виде

$$\vec{C}_{\text{ликв}} = (\vec{E} - \vec{B},\ \vec{C}_{\text{н.с}}) + (\{\vec{E} - \vec{B},\ \vec{E} - \vec{U}\},\ \vec{C}_{\text{отк}}) + (\{\vec{B},\ \vec{U}\},\ \vec{C}_{\text{з.ч}}), \qquad (9.14)$$

где $\vec{E}$ — K-мерный единичный вектор; $\{\vec{X},\ \vec{Y}\} = (x_1 y_1,\ ...,\ x_K y_K)$ — обозначение покоординатного умножения векторов $\vec{X}$ и $\vec{Y}$.

Масса конверсируемых ВМ, используемых для решения задачи Z, в общем случае будет определяться некоторым количеством параметров $P_1, ..., P_m$ ($m \geq 1$), характеризующих результат применения данных ВМ. Например, для определения нагрузок на объекты при взрывах в воздухе такими параметрами, очевидно, будут избыточное давление на фронте воздушной ударной волны $\Delta P_{\text{ф}}$, а также время действия этого давления τ_+. Если же предполагается использовать ВМ, например, при взрывах в грунтах, то определяющим параметром может быть радиус зоны вытеснения, разрушения и воронки выброса.

Значения выбранных параметров будут непосредственно связаны с характеристиками используемых ВВ. Так, избыточное давление на фронте ударной волны при взрывах в воздухе на расстоянии r может быть определено по экспериментальной формуле М.А. Садовского:

$$\frac{\Delta P_\Phi}{P_1} = 15{,}2\frac{r_0}{r} + 910\left(\frac{r_0}{r}\right)^2 + 44500\left(\frac{r_0}{r}\right)^3, \qquad (9.15)$$

где P_1 — атмосферное давление при нормальных условиях, Па ($P_1 \approx 0{,}101325$ МПа); r_0 — радиус взрываемого сферического заряда;

$$r_0 = \frac{\sqrt[3]{CQ/Q_0}}{18{,}7},$$

где C — масса используемого ВВ, кг; Q — удельная энергия взрывчатого превращения тротила, Дж/кг ($Q = 4{,}2 \cdot 10^6$ Дж/кг); Q_0 — удельная энергия взрывчатого превращения используемого ВВ, Дж/кг.

Время действия избыточного давления на объект τ_+ (с) рассчитывается по зависимости, предложенной Т.М. Соломахиным:

$$\frac{a_1\tau_+}{r_0} = \begin{cases} 9, \text{ если } \dfrac{r}{r_0} < 25; \\ 1{,}8\sqrt{\dfrac{r}{r_0}}, \text{ если } 25 < \dfrac{r}{r_0} < 150; \\ 4{,}23\sqrt{\dfrac{r}{r_0}}, \text{ если } \dfrac{r}{r_0} > 150, \end{cases} \qquad (9.16)$$

где a_1 — скорость звука в невозмущенной воздушной среде ($a_1 = 340$ м/с).

Радиус зон разрушения при взрывах в грунте может быть определен из соотношений

$$R = \sqrt[3]{\frac{C}{A}} \quad \text{(камуфлетный взрыв)}$$

и (9.17)

$$R = \sqrt[3]{\frac{C}{AB}} \quad \text{(при наличии выброса)},$$

где A — коэффициент, зависящий от свойств ВВ и грунта; B — коэффициент забойки.

$$A = \frac{4}{3}\pi\rho_0\left(\frac{3A_м}{\rho_0 Q_0}\right)^{3/4},$$

где $A_м$ — удельная работа разрушения грунта, Дж/м^3; ρ_0 — плотность ВВ, кг/м^3; Q_0 — удельная энергия взрывчатого превращения ВВ, Дж/кг.

Таким образом, задаваясь требуемыми значениями выбранных параметров, можно в зависимости от характеристик используемого в каждом конкретном случае ВМ определить его массу, необходимую для выполнения задачи Z, а следовательно, и стоимостные затраты на ее выполнение. Сравнение же различных вариантов использования того или иного конверсируемого ВМ в народнохозяйственных целях в дальнейшем возможно с учетом безразмерных критериев (9.1) — (9.3), которые в векторной форме запишутся в виде

$$K_{эф} = \frac{[(\vec{C}^{КВВ} + \vec{C}^{КВВ}_{тр} + \vec{C}^{КВВ}_{скл} + \vec{C}^{КВВ}_{подг} + \vec{C}^{КВВ}_{взр} + \vec{C}^{КВВ}_{ликв} + \vec{C}^{КВВ}_{без}),\ \vec{M}^{КВВ}]}{[(\vec{C}^{ВВ} + \vec{C}^{ВВ}_{тр} + \vec{C}^{ВВ}_{скл} + \vec{C}^{ВВ}_{взр} + \vec{C}^{ВВ}_{ликв} + \vec{C}^{ВВ}_{без}),\ \vec{M}^{ВВ}]},$$

$$K_{доп} = \frac{[(\vec{C}^{КВВ} + \vec{C}^{КВВ}_{тр} + \vec{C}^{КВВ}_{скл} + \vec{C}^{КВВ}_{подг} + \vec{C}^{КВВ}_{взр} + \vec{C}^{КВВ}_{ликв} + \vec{C}^{КВВ}_{без}),\ \vec{M}^{КВВ}]}{[(\vec{C}^{ЗВ} + \vec{C}^{ВВ}_{тр} + \vec{C}^{ВВ}_{скл} + \vec{C}^{ВВ}_{взр} + \vec{C}^{ЗВ}_{ликв} + \vec{C}^{ВВ}_{без}),\ \vec{M}^{ВВ}] + (\vec{C}^{КВВ}_{ун},\ \vec{M}^{КВВ})},$$

где $\vec{M}^{КВВ}$ и $\vec{M}^{ВВ}$ — векторы, определяющие массы используемых конверсируемых и промышленных ВВ; $(\vec{X},\vec{Y}) = \sum_i x_i y_i$ — обозначение скалярного произведения произвольных векторов X и Y; символы с индексом "КВВ" обозначают соответствующие стоимости для конверсируемых ВВ, а с индексом "ВВ" — для промышленных ВВ.

Следует также заметить, что при совместном использовании конверсионных и промышленных ВВ величина вектора $\vec{N}$, характеризующего количество используемых для решения задачи Z ВМ, должна быть увеличена на количество используемых промышленных ВВ, т.е. в этом случае потребуется работать с расширенным вектором:

$$\vec{N} = (n_1,\ldots,n_r,\ n_{K+1},\ldots,\ n_{K+m}),$$

где m — количество типов промышленных ВВ, требуемых для решения задачи Z.

Определение большинства стоимостных величин, а также показателей безопасности и безотказности для промышленных ВВ будет аналогично их определению для конверсируемых ВМ. Существуют особенности задания векторов, определяющих стоимости утилизации $\vec{C}_{ут}$, дополнительных подготовительных мероприятий $\vec{C}_{подг}$, а также остаточную стоимость $\vec{C}_{ост}$ ВМ.

Промышленные ВВ имеют нулевую стоимость утилизации, а также нулевую стоимость дополнительных подготовительных мероприятий для проведения взрывов с их использованием, и, следовательно, в векторах $\vec{C}_{ут}$ и $\vec{C}_{ост}$ координаты $(K + 1)$ ..., $(K + m)$ будут нулевыми.

В векторе остаточной стоимости $\vec{C}_{ост}$ для промышленных ВВ (координаты $K + 1$, ..., $K + m$ этого вектора) должна указываться стоимость их производства. Все дальнейшие операции с определенными таким образом расширенными векторами стоимостей будут осуществляться аналогично вышеизложенным. Таким образом, в этом случае без ограничения общности можно не делать различия между конверсируемыми и промышленными ВВ и характеризовать их едиными стоимостными векторами.

Широкое применение при взрывании обводненных скважин в крепких и весьма крепких породах нашел гранулотол — промышленное ВВ, представляющее собой гранулированный тротил. Это ВВ негигроскопично и имеет практически не ограниченную водоустойчивость: его заряды, долгое время находясь в воде, полностью сохраняют взрывчатые характеристики. Эффективность баллиститных шашек будем оценивать в сравнении с этим ВВ.

В качестве примера оценим эффективность использования баллиститных шашек из состава РСИ в качестве скважинных зарядов в обводненных скважинах совместно с промышленным ВВ (гранулотолом). Считаем, что заряжание скважин осуществляется в следующем порядке. На дно скважин засыпается гранулотол в количестве, обеспечивающем поднятие уровня воды до 5 м и менее от устья скважин. После

этого производится заряжание скважин баллиститными шашками из состава РСИ, при этом колонка заряда формируется из пучков, состоящих из трех или четырех шашек — в зависимости от величины заряда скважины и высоты колонки заряда. К верхнему пучку из шашек крепится промежуточный детонатор, состоящий из шашек ТГ-500 и двух нитей детонирующего шнура ДШЭ-12. Сверху засыпается 40 кг гранулотола и осуществляется забойка скважины, в качестве которой может использоваться буровой шлам. Такая технология заряжания скважин применялась на практике. Среднее отношение масс используемых баллиститных шашек и гранулотола составляет 4 : 1. Требуется оценить экономическую эффективность применения баллиститных шашек в том случае, если при их взрывании, как показал опыт, обеспечиваются качественное дробление и проработка подошвы уступа, соответствующие применению штатных водоустойчивых ВВ.

Задача Z в рассматриваемом примере будет заключаться в обеспечении качественного дробления подошвы уступа при взрыве скважинных зарядов.

Используемые ВМ в этом случае — баллиститные шашки из состава РСИ, получаемые при расснаряжении некоторой партии ракет, и гранулотол, поэтому вектор $\vec{N}_1$, определяющий массы используемых ВМ, будет иметь две координаты:

$$\vec{N}_1 = (m_1, m_2),$$

где m_1 и m_2 — соответственно массы баллиститных шашек и гранулотола, используемых для решения задачи Z (по условию $m_1 = 4m_2$).

Примем далее, что все стоимостные показатели в рассматриваемом примере будут характеризоваться относительными величинами, определяемыми стоимостью производства единицы массы гранулотола — С.

Так как Министерством обороны установлена нулевая оптовая стоимость на все шашки БРТТ, вектор удельной остаточной стоимости смешанного ВВ (гранулотол + шашки БРТТ) $\vec{C}^{\text{см}}_{\text{ост}}$ может быть записан в виде

$$\vec{C}^{\text{см}}_{\text{ост}} = (0,\ C).$$

Расснаряжение ракет и извлечение шашек БРТТ, как прави-

ло, не является трудоемкой и требующей больших материальных затрат операцией. Тем не менее затраты на утилизацию ракетных топлив должны быть учтены удельным вектором

$$\vec{C}^{см}_{ут} = (\gamma C,\ 0),$$

где γ — относительная величина стоимости утилизации единицы массы баллиститных шашек.

Величина транспортных расходов может сыграть значительную, а может быть, даже определяющую роль при оценке экономической эффективности использования какого-либо конверсируемого ВВ. Как уже указывалось, величина этих расходов в значительной мере зависит от взаимного удаления поставщика и потребителя, а для конверсируемых ВМ еще и от удаления предприятия (завода), перерабатывающего подлежащую утилизации партию боеприпасов. В самом общем виде, не ограничивая общность рассуждений, будем характеризовать удельные транспортные расходы вектором

$$\vec{C}^{см}_{тр} = (\alpha_1 C,\ \alpha_2 C),$$

где α_1 и α_2 — относительные величины удельных транспортных расходов для баллиститных шашек и гранулотола соответственно.

Аналогичным образом удельные затраты на складирование зададим в самом общем виде вектором

$$\vec{C}^{см}_{скл} = (\beta_1 C,\ \beta_2 C),$$

где β_1, β_2 — относительные величины удельных финансовых затрат на складирование баллиститных шашек и гранулотола соответственно.

Стоимость дополнительных подготовительных мероприятий должна учитываться только для баллиститных шашек, так как для промышленных ВВ, в том числе гранулотола, технологию заряжания скважин считаем отработанной и не требующей дополнительных финансовых вложений. Таким образом,

$$\vec{C}^{см}_{подг} = (\xi C,\ 0),$$

где ξ — относительная величина удельной стоимости дополнительных подготовительных мероприятий при применении баллиститных шашек.

При ручном заряжании скважин, не требующем специального оборудования, коэффициент ξ может быть принят равным нулю. Стоимость непосредственной подготовки к взрыву как для гранулотола, так и для шашек БРТТ будет связана с процессами растаривания ВВ и заряжания скважин.

В том случае, если растаривание и заряжание скважин осуществляются вручную, стоимость непосредственной подготовки при использовании гранулотола может быть на 20 – 30 % ниже, чем при использовании шашек БРТТ. Если же для растаривания гранулотола будут использоваться растаривающие машины (типа МПР-30), а для заряжания скважин — специальные зарядные машины (типа МЗ-4, МЗ-3А), то стоимость его непосредственной подготовки к взрыву может составить 50 – 60 % стоимости подготовки к взрыву баллиститных шашек.

Поэтому в общем виде запишем:

$$\vec{C}^{\text{см}}_{\text{взр}} = (\theta_1 C,\ \theta_2 C),$$

где θ_1, θ_2 — относительные величины удельных стоимостей непосредственной подготовки к взрыву при использовании баллиститных шашек и гранулотола соответственно [$\theta_1 = (1{,}2, \ldots, 2)\theta_2$].

При ведении взрывных работ должны выполняться определенные инстру́кции по технике безопасности, регламентированные "Едиными правилами безопасности при взрывных работах".

Строгое соблюдение всех инструкций по технике безопасности при проведении взрывных работ, как показали многочисленные экспериментальные исследования, способно обеспечить максимальную, близкую к 100 %-ной безопасность и безотказность, а финансовые затраты на ликвидацию как последствий несанкционированного срабатывания зарядов, так и отказавших зарядов снизить практически до нуля. Поэтому без ограничения общности дальнейших рассуждений можно в соответствии с выражением (9.14) считать, что $\vec{C}_{\text{ликв}} = (0,\ 0)$. Содержание мероприятий, проводимых для обеспечения безопасности работ с использованием гранулотола, не претерпит сколь-нибудь значительных изменений и при использовании смешанного заряда (гранулотол + шашки

БРТТ). Кроме того, объем этих мероприятий ввиду адекватных условий применения зарядов (одинаковое количество скважин, их длина, высота уступа и т.д.) останется неизменным в обоих случаях и, следовательно, не будет зависеть от массы зарядов. Поэтому затраты на обеспечение безопасности взрывных работ как с гранулотолом, так и со смешанным зарядом можно характеризовать простой скалярной величиной

$$C_{без} = \eta C_{m2},$$

где η — относительная величина затрат на мероприятия по обеспечению безопасности проведения взрывных работ.

В случае использования чистого гранулотола величина вектора $\vec{N}_2$, определяющего массы используемых ВВ, будет равна 1, т.е. в этом случае вектор вырождается в скалярную величину

$$N_2 = m,$$

где m — масса гранулотола, используемого для выполнения задачи Z с тем же качеством, что и в случае смешанного ВВ.

Соответственно скалярные величины удельных стоимостных затрат в этом случае составят

$$C^{гр}_{ост} = C;\ C^{гр}_{ут} = 0;\ C^{гр}_{подг} = 0;\ C^{гр}_{тр} = \alpha_2 C;$$

$$C^{гр}_{скл} = \beta_2 C;\ C^{гр}_{взр} = \theta_2 C;\ C^{гр}_{ликв} = 0;\ C^{гр}_{без} = \eta C.$$

Установим зависимость между величинами m, m_1 и m_2. Масса скважинного заряда Q, используемого для рыхления грунта, может быть определена по формуле

$$Q = 0{,}3qmWH, \qquad (9.18)$$

где H — высота уступа, м; W — длина линии сопротивления по подошве, м; m — относительное расстояние, равное отношению расстояния между скважинами к длине линии сопротивления по подошве; q — коэффициент, определяющий удельный расход ВВ в зависимости от характеристик последнего и крепости породы:

$$q = \frac{4}{3}\pi\rho_0\left(\frac{3A_м}{\rho_0 Q_0}\right)^{3/4},$$

где ρ_0 — плотность применяемого ВВ, кг/м^3; Q_0 — удельная энергия взрывчатого превращения ВВ, Дж/кг; $A_м$ — удельная энергия разрушения породы, Дж/м^3.

Так как условия проведения взрывных работ в случае использования как чистого гранулотола, так и смесевого ВВ (с шашками БРТТ) идентичны, величины m, W и H, входящие в формулу (9.18), в том и другом случае будут одинаковыми, а различие в массах используемых ВВ полностью будет определяться только коэффициентами $q^{см}$ и $q^{гр}$:

$$\frac{m}{m_1 + m_2} = \frac{q^{гр}}{q^{см}}, \tag{9.19}$$

где $q^{гр} = \frac{4}{3}\pi\rho_{гр}\left(\frac{3A_м}{\rho_{гр}Q_{гр}}\right)^{3/4}$, $q^{см} = \frac{4}{3}\pi\rho_{см}\left(\frac{3A_м}{\rho_{см}Q_{см}}\right)^{3/4}$ — коэффициенты, определяющие условные расходы гранулотола и смесевого ВВ соответственно; $\rho_{гр}$ и $\rho_{см}$ — плотности гранулотола и смесевого ВВ; $Q_{гр}$ и $Q_{см}$ — удельные энергии взрывчатого превращения этих ВВ.

Подставляя выражения для $q^{гр}$ и $q^{см}$ в формулу (9.19), получим

$$\frac{m}{m_1 + m_2} = \frac{\rho_{гр}}{\rho_{см}}\left(\frac{\rho_{см}Q_{см}}{\rho_{гр}Q_{гр}}\right)^{3/4} \tag{9.20}$$

Плотность и удельная энергия взрывчатого превращения для смесевого ВВ могут быть определены с учетом масс входящих в смесь компонентов (гранулотола и баллиститных шашек) по зависимостям

$$\rho_{см} = \frac{m_1\rho_{бш} + m_2\rho_{гр}}{m_1 + m_2} = \frac{4\rho_{бш} + \rho_{гр}}{5},$$

$$Q_{см} = \frac{m_1Q_{бш} + m_2Q_{гр}}{m_1 + m_2} = \frac{4Q_{бш} + Q_{гр}}{5},$$

где $Q_{бш}$ и $\rho_{бш}$ — удельная энергия взрывчатого превращения и плотность баллиститных шашек.

Тогда окончательно (с учетом $m_1 = 4m_2$) выражение (9.20) принимает вид

$$m = \frac{25m_2\,\rho_{гр}}{(4\rho_{бш} + \rho_{гр})}\left(\frac{(4\rho_{бш} + \rho_{гр})(4Q_{бш} + Q_{гр})}{25\rho_{гр}Q_{гр}}\right)^{3/4} \qquad (9.21)$$

или (с учетом представленных в табл. 9.1 характеристик гранулотола и шашек марки РСИ)

$$m = \frac{25m_2 \cdot 1,0}{(4 \cdot 1,57 + 1,0)}\left(\frac{(4 \cdot 1,57 + 1,0)(4 \cdot 850 + 900)}{25 \cdot 1,0 \cdot 900}\right)^{3/4} \approx 4,4m_2.$$

Таким образом, результаты расчетов свидетельствуют о том, что если в первом случае для выполнения задачи Z потребуется 4 весовые части баллиститных шашек типа РСИ и 1 часть гранулотола, то во втором случае — только 4,4 части гранулотола.

Коэффициент эффективности использования смесевого ВВ при таком варианте проведения взрывных работ может быть записан в виде

$$K_{эф} = \frac{(\vec{C}^{см}, \vec{N}_1) + C_{без}}{C^{гр}N_2 + C_{без}}, \qquad (9.22)$$

где $\vec{C}^{см} = \vec{C}^{см}_{ост} + \vec{C}^{см}_{тр} + \vec{C}^{см}_{скл} + \vec{C}^{см}_{подг} + \vec{C}^{см}_{взр} + \vec{C}^{см}_{ликв}$; $(\vec{C}^{см}, \vec{N}_1)$ — скалярное произведение векторов $\vec{C}^{см}$ и $\vec{N}_1$. Подставляя значения всех стоимостных векторов в выражение (9.22) и сокращая числитель и знаменатель на C_{m_2}, для оценки коэффициента $K_{эф}$ получим

$$K_{эф} = \frac{1 + 4\gamma + 4\alpha_1 + \alpha_2 + 4\beta_1 + \beta_2 + 4\xi + 4\theta_1 + \theta_2 + \eta}{4,4 + 4,4\alpha_2 + 4,4\beta_2 + 4,4\theta_2 + \eta}. \qquad (9.23)$$

Как уже указывалось, экономическая целесообразность применения любого конверсируемого ВВ в народном хозяйстве будет определяться условием

Таблица 9.1

Характеристики баллиститных шашек марки РСИ и гранулотола

Характеристика	Гранулотол	Шашки
Плотность, г/см^3	1,48–1,54	1,57
Насыпная плотность, г/см^3	0,95–1,0	–
Удельная энергия взрывчатого превращения, ккал/кг	810–995	800–900
Тротиловый эквивалент	1,0	1,0

$K_{эф} \leq 1,$

поэтому применение шашек БРТТ на взрывных работах можно считать экономически оправданным при

$$\frac{1 + 4\gamma + 4\alpha_1 + \alpha_2 + 4\beta_1 + \beta_2 + 4\xi + 4\theta_1 + \theta_2 + \eta}{4,4 + 4,4\alpha_2 + 4,4\beta_2 + 4,4\theta_2 + \eta} \leq 1. \qquad (9.24)$$

Умножая теперь обе части неравенства (9.24) на знаменатель левой части и приводя подобные члены, получаем

$$2\gamma + 2\alpha_1 + 2\beta_1 + 2\xi + 2\theta_1 \leq 1,7 + 1,7\alpha_2 +$$

$$+ 1,7\beta_2 + 1,7\theta_2. \qquad (9.25)$$

Для проведения дальнейшего анализа потребуется наложить дополнительные ограничения на некоторые используемые в этом случае стоимостные величины. Прежде всего, такое ограничение касается величины ξ — относительной стоимости дополнительных работ и мероприятий, связанных со снаряжением скважин шашками БРТТ. Учитывая, что опускание шашек в скважины осуществляется ручным способом и не требует специальных машин и приспособлений, можно считать, что эта величина будет близка к нулю ($\xi \subset 0$) и ею в дальнейшем можно пренебречь.

Будем также считать, что заряжание скважин гранулотолом с использованием технических средств не предусматривается, в связи с чем относительные затраты θ_2 на его непосредственную подготовку к взрыву будут только на 20 % меньше аналогичных затрат θ_1 для баллиститных шашек и могут составить до 10 % от удельной стоимости гранулотола, т.е. $\theta_1 = 1,2\theta_2$; $\theta_2 = 0,1$.

Помимо этого для дальнейших расчетов примем вариант, при котором заводы по производству гранулотола и по утилизации баллиститных шашек расположены достаточно близко к местам непосредственного использования этих ВМ, так что коэффициенты относительных транспортных расходов на их перевозку к местам производства взрывных работ будут значительно меньше единицы, т.е. $\alpha_1 << 1$, $\alpha_2 << 1$, в связи с чем ими можно также пренебречь.

Считаем, что погрузка и разгрузка гранулотола осуществляется с использованием средств механизации в отличие от

погрузочно-разгрузочных работ с шашками БРТТ, которые выполняются вручную. В связи с этим затраты на складирование и хранение шашек могут на 30 % превышать аналогичные затраты для гранулотола ($\beta_1 = 1{,}3\beta_2$), а последние не превышают 10 % от стоимости его производства ($\beta_2 = 0{,}1$).

С учетом принятых предположений и ограничений неравенство (9.25) принимает вид

$$2\gamma + 0{,}9\beta_2 + 0{,}3\theta_2 \le 1{,}7$$

или $\gamma \le 0{,}79$.

Такой результат свидетельствует о том, что для экономической целесообразности применения баллиститных шашек на взрывных работах потребуется, чтобы величина удельных затрат на получение этих шашек из утилизируемых боеприпасов не превышала 79 % удельной стоимости производства гранулотола.

Рассмотрим еще один более "жесткий" вариант. Будем считать, что в отличие от промышленного ВВ, производство которого налажено недалеко от места проведения взрывных работ, утилизация шашек БРТТ осуществляется в другом регионе России, так что расходы на их перевозку могут составить до 30 % от стоимости единицы массы гранулотола, т.е.

$$\alpha_1 = 0{,}3;\ \alpha_2 = 0.$$

Кроме того, при заряжании скважин гранулотолом будут использоваться специальные технические средства, позволяющие резко сократить затраты на этот процесс, так что

$$\theta_1 = 2\theta_2.$$

В этом случае неравенство будет записано в следующем виде:
$\gamma \le 0{,}55 - 0{,}45\beta_2 - 1{,}15\theta_2$

или $\gamma \le 0{,}39$.

Таким образом, во втором случае потребуется соблюдение более жесткого условия, накладываемого на стоимость шашек БРТТ.

Вопрос об эффективности использования шашек БРТТ на взрывных работах будет неполным, если не оценить коэффициенты экономической допустимости в каждом из двух

вариантов. Важное значение при этом будет иметь величина удельной стоимости уничтожения боеприпасов, которые используются для получения баллиститных шашек.

Стоимость уничтожения в общем виде включает в себя стоимость разборки боеприпасов, собственно уничтожения взрывчатых компонентов, а также стоимость экологического воздействия продуктов взрыва, определяемую фактическими штрафными санкциями за загрязнение окружающей среды или стоимостью оборудования для нейтрализации загрязнения окружающей природной среды. Для баллиститных шашек стоимость уничтожения может быть лишь немного (в лучшем случае до 10 %) меньше стоимости их утилизации, т.е.

$$C_{ун} = 0{,}9\gamma\ C.$$

При таком предположении в первом варианте расчетов соотношение (9.3) примет вид

$$2\gamma + 2{,}6\beta_2 + 2\theta_2 \le 1{,}7 + 1{,}7\beta_2 + 1{,}7\theta_2 + 1{,}8\gamma,$$

откуда $\gamma \le 7{,}9$.

Во втором варианте, проводя аналогичные действия, получаем $\gamma \le 3{,}9$. Следовательно, в том случае, когда боеприпасы, содержащие шашки БРТТ, должны быть ликвидированы, их утилизация и последующее использование шашек в промышленности для заряжания скважин будут экономически допустимыми, если удельная стоимость шашек не будет превышать удельную стоимость производства гранулотола в первом случае в 7,9 раза, а во втором — в 3,9 раза.

Таким образом, применение шашек БРТТ будет целесообразным, несмотря на то, что их удельная стоимость в несколько раз превышает удельную стоимость гранулотола. При относительной стоимости шашек БРТТ, превышающей 7,9, их выгоднее уничтожать.

Предложенный подход к оценке экономической эффективности использования конверсируемых ВМ в промышленности дает возможность анализировать предполагаемый процесс их применения и выявлять условия, при которых он будет экономически оправдан. Уточнение численных значений исходных величин, входящих в расчетные зависимости, целесообразно проводить на основе статистики с учетом особенностей производства работ на каждом предприятии.

Необходимо в дальнейшем иметь такие данные по регионам и горнодобывающим предприятиям, что позволит проводить рациональное планирование утилизации и применения КВМ в масштабах всей отрасли.

9.2. ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ УТИЛИЗИРОВАННЫХ БОЕПРИПАСОВ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ВМ

Большая часть извлекаемых из боеприпасов ВВ при утилизации может и должна быть использована в промышленности для взрывных и других работ на карьерах, прочих объектах на земной поверхности, а также для создания наукоемких технологий получения новых материалов и сплавов.

Взрывная технология получения тугоплавких материалов позволяет регулировать экстремальные условия по температурам и давлениям. Мощные ВВ и пороха, извлекаемые при расснаряжении боеприпасов, позволяют достичь давлений (до 2—3 ГПа) и температур (несколько тысяч градусов), которых нельзя добиться другими методами.

Новым типом углеродного материала, получаемого по такой технологии, является ультрадисперсный алмаз (УДА), который находит широкое применение в медицине, электронике, оптике, причем область его использования постоянно расширяется.

В промышленности на основе утилизируемых ВВ и порохов могут быть получены рецептуры водосодержащих составов, безопасных в обращении, а также безопасной экологически чистой технологии их производства. Почти все извлекаемые из боеприпасов ВВ, кроме тротила, обладают повышенной чувствительностью и токсичностью, неблагоприятным в экологическом плане составом продуктов взрыва, поэтому не могут быть непосредственно использованы в промышленности, для взрывания в подземных условиях. Однако составы на основе включающих гексоген бризантных ВВ оборонного назначения и некоторого количества структурированной специальными добавками воды с растворимыми в ней окислителями (нитратами, перхлоратами) позволяют решить эту проблему.

Могут быть созданы составы с высоким уровнем технологичности, стабильности, безопасности, экономичные и эффективные. Их применение в промышленности может быть самым разнообразным, начиная от использования в шланговых зарядах для геофизических работ и заканчивая зарядами повышенной пористости для добычи штучного камня, заоткоски уступов.

Важным перспективным направлением в этом плане является также создание технологий, связанных с управляемым воздействием взрыва на материалы при работах в горной, металлургической и нефтедобывающей отраслях промышленности, строительстве, машиностроении. Эти методы могут быть применены при взрывной разделке железобетонных конструкций, дроблении и рыхлении горных пород, при специальной обработке плит и неметаллических материалов, очистке поверхностей, емкостей и отверстий ото льда, металла, при нанесении покрытий на внутренние поверхности сложного профиля, компактировании труднопрессуемых порошков различных материалов.

Еще одной важной и масштабной проблемой является использование порохов в народном хозяйстве. Обычно пороха после длительного хранения уничтожаются сжиганием, так как они теряют свои эксплуатационные свойства. Однако ввиду того, что по химическому составу пороха практически не отличаются от ВВ, они могут заменить ВВ при взрывных работах на карьерах, перфорации скажин, дроблении пород. Использование порохов, подлежащих утилизации, потребует детального изучения их детонационной способности, так как основным режимом их функционирования является горение, как правило не переходящее в детонацию. Переход в детонационный режим возможен при их мощном инициировании и достаточно большом диаметре заряда. С другой стороны, малая детонационная способность порохов, а следовательно, и высокая безопасность открывают широкие возможности их использования в качестве промышленных ВВ.

Разработка взрывчатых составов на основе порохов и технологий их изготовления является и в дальнейшем важнейшей научно-технической проблемой, требующей проведения детальных исследований в области определения дето-

национных характеристик порохов, их химической стойкости, безопасности, совместимости с другими ВВ, чувствительности к различным внешним воздействиям. Термодинамические расчеты параметров детонации порохов показывают, что при функционировании в этом режиме они превосходят по скорости детонации, давлению и температуре тротил, хотя и уступают гексогену. Еще более значительного увеличения параметров детонации порохов можно добиться путем добавления к ним веществ с положительным кислородным балансом для улучшения сбалансированности получаемой смеси по соотношению "горючее — окислитель". Так, добавление аммиачной селитры — наиболее дешевого и распространенного ВВ — позволяет достичь параметров детонации, близких к таковым гексогена при той же начальной плотности смеси.

Вместе с тем высокая чувствительность к тепловым и механическим воздействиям ограничивает применение как порохов, так и их смесей с другими ВВ. Этот недостаток может быть устранен введением в состав смеси небольшого количества воды (до 10 — 12 %). В результате параметры детонации снижаются незначительно (скорость детонации уменьшается на 300 — 400 м/с), а безопасность использования таких веществ значительно возрастает. Обладающая пассивирующим действием вода способна значительно снизить чувствительность к механическим и тепловым воздействиям и обеспечить отсутствие пыления и электризации. Кроме того, подбор вводимых в систему флегматизаторов и окислителей позволяет обеспечить гомогенность состава, улучшить экономические показатели и состав продуктов взрыва. Таким образом, могут быть получены составы с высоким уровнем технологичности, физической и химической стабильности, взрывобезопасности, эффективные и экономичные. Такие составы могут применяться методом свободной заливки в шпур или скважину, при этом увеличиваются плотность состава, коэффициент использования выбуренного объема.

Еще более существенного повышения мощностных характеристик ВВ на основе утилизированных порохов можно достичь введением в их состав мелкодисперсных частиц металлов — алюминия, магния. Термодинамические расчеты показывают, что только ультрадисперсные частицы (5 мкм)

способны прогреваться и окисляться в зоне детонационной волны. В то же время работоспособность металлизированных ВВ на основе порохов существенно повышается, и связано это с окислением частиц металла на стадии расширения продуктов взрыва. Энергия, выделяющаяся при горении металла, способствует увеличению фугасного действия такого смесевого состава.

Важной областью применения утилизируемых порохов является их использование как удлиненных кумулятивных зарядов для разрушения различных конструкций, разделки судов, самолетов, отслуживших свой срок, а также целого ряда металлоконструкций — реакторов, котлов, нефтехранилищ и т.п. Кроме того, эластичные ВВ, получаемые из утилизируемых боеприпасов, пригодны для резки различных сложнопрофильных металлоконструкций.

В настоящее время существует принципиальная возможность применения утилизируемых порохов как энергоносителей для различных устройств. Например, гидрорежущие устройства могут служить для перфорации отверстий в различных сооружениях, разделки корпусов боеприпасов, обрубки фундаментных свай и т.п., а использование в них пороха позволит существенно уменьшить массу и габариты этих устройств, обеспечив, кроме того, их автономное функционирование. Баллистические устройства на основе порохов также могут получить широкое применение в народном хозяйстве — в строительстве, при тушении пожаров, на транспорте и в сельском хозяйстве, при аварийно-спасательных работах.

Перспективным будет использование порохов в пиротехнике. Составы на основе нитратов целлюлозы отличаются красочностью цветов и оттенков, малой дымностью и поэтому могут применяться в составах цветных огней. Пороха могут представлять собой термическую основу в дымовых составах различного назначения, а также в составах для получения конкретных газов. В сельском хозяйстве такие дымовые составы предназначаются для борьбы с вредителями и защиты от заморозков.

Еще один важный перспективный аспект утилизации порохов — их использование в композиционных топливных составах на основе древесных опилок, торфа, угольной пыли

и т.п. Добавление в такие составы штатных окислителей позволяет им устойчиво гореть при нормальных условиях, а следовательно, дает возможность применять их в быту в качестве топлива в различных тепловых установках. Следует отметить, что существенной проблемой, ограничивающей использование смесевых составов как топлива, остается их экологическая чистота и стоимость. Однако, как показывают исследования, оптимизация структурных компонентов таких смесевых составов позволит снизить выделение вредных веществ в атмосферу до уровня обычных топлив, служащих для этой цели в настоящее время.

Наряду с доминирующим использованием порохов как энергоносителей, имеется возможность их утилизации и в качестве ценного сырья. Порох представляет собой сложную систему, включающую ряд очень ценных компонентов, и в первую очередь нитроцеллюлозу — сырье для производства лаков, красок, клеевых композиций, пластмассовых труб.

Особую важность и актуальность в настоящее время приобретает проблема утилизации твердых ракетных топлив. Работы по созданию промышленных технологий переработки этих материалов ведутся во многих странах, в том числе и России. Предложено большое количество методов их переработки, однако нет еще завершенных разработок на уровне заводских технологий.

Основная задача в этой области на сегодняшний день — это систематизация имеющихся технических предложений и знаний, оценка научно-технического потенциала решения проблемы, создание промышленных технологий.

Перспективы развития технологий в этой области связаны с решением трех основных задач: извлечения топлива из изделия, дезинтеграции его до уровня составляющих компонентов и использования последних. Каждая из этих задач требует получения ответов по самому широкому кругу вопросов, и прежде всего касающихся взрыво- и пожаробезопасности, экологической безопасности и экономической целесообразности. Для реализации каждой задачи необходимо использование соответствующего оборудования, которое может представлять собой как стационарные, так и передвижные установки.

Отдельный блок проблем связан с определением состава конечных продуктов, в которые будет переработано данное топливо. Ценным компонентом большинства ракетных топлив является мелкодисперсный алюминий; разработка методов его использования в промышленности представляет собой важную научную задачу. Другой важный составной компонент — полимерносвязующая основа, из которой можно получать новые композиционные материалы: абразивные, бронезащитные и функциональные композиции с заданным комплексом технологических и эксплуатационных характеристик. Еще один компонент твердых ракетных топлив — окислитель, чаще всего перхлорат аммония, может быть использован в различных энергетических устройствах.

Важной проблемой при утилизации боеприпасов является возможность использования металла корпусов, гильз, мин, высвобождающегося при переработке. Представляется перспективным производство ряда товаров широкого потребления (например, декоративных и охранных решеток) из гильз, имеющих цилиндроконическую форму. Возможна утилизация гильз и корпусов путем переплавки и жидкофазного восстановления. Еще один способ утилизации связан с переработкой корпусов боеприпасов методом пластического деформирования в товары народного потребления и в детали продукции машиностроения.

Таким образо́м, области возможного применения утилизированных ВВ и боеприпасов весьма разнообразны. Несомненно, основное значение имеет использование их как энергоносителей для взрывных работ, в различных устройствах, пиротехнике, химических производствах. Они могут служить источником сырья для промышленного производства товаров народного потребления, ценных материалов, композиционных составов. Обоснование экономической эффективности и целесообразности утилизации всего спектра боеприпасов, а также возможных областей применения КВМ становится важной государственной и народнохозяйственной задачей.

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие 3

1. Социально-экономические, экологические и политические аспекты использования списанных боеприпасов 5
1.1. Взрыво- и пожароопасность утилизируемых боеприпасов. . 5
1.2. Хранение списанных боеприпасов 10
1.3. Списанные боеприпасы как фактор повышения криминогенной обстановки в регионах 12
1.4. Ущерб от уничтожения и общие принципы утилизации списанных боеприпасов 13

2. Основная номенклатура утилизируемых боеприпасов, применяемых в промышленности без существенной переработки 17
2.1. Инженерные боеприпасы 18
2.2. Детонирующая лента 37
2.3. Ракетные твердые топлива. 43
2.4. Пороха 48
2.5. Взрывающиеся части боеприпасов 58

3. Методы расснаряжения боеприпасов для извлечения взрывчатых элементов 61
3.1. Общие сведения 61
3.2. Методы разделки корпусов боеприпасов 68
3.3. Методы извлечения из боеприпасов взрывчатых веществ и составов 72
3.4. Отечественные методы утилизации боеприпасов 78
3.5. Создание производств комплексной утилизации боеприпасов 86
3.6. Технология и оборудование расснаряжения струйной выплавкой крупногабаритных боеприпасов с зарядами тротила 89
3.7. Расснаряжение боеприпасов методом неконтактной выплавки 91
3.8. Расснаряжение боеприпасов гидроразмыванием ВВ с гидрорезкой корпуса 94
3.9. Модульные установки для вымывания ВВ из боеприпасов среднего калибра 98
3.10. Зарубежные методы утилизации боеприпасов 102

4. Номенклатура взрывчатых материалов, получаемых при промышленной переработке элементов взрывчатых материалов из боеприпасов 127
4.1. Общая постановка задачи и номенклатура получаемых взрывчатых материалов 127
4.2. Гранипоры 132
4.3. Дибазит 135
4.4. Тротил-У 140
4.5. Шашки-детонаторы из взрывчатых элементов утилизированных боеприпасов 144
4.6. Взрывчатые вещества и изделия из переработанных элементов утилизированных боеприпасов 146

5. Чувствительность промышленных ВВ с компонентами из утилизированных боеприпасов к внешним воздействиям 150
5.1. Чувствительность ВВ к удару 150
5.2. Чувствительность ВВ к трению 151
5.3. Чувствительность ВВ к тепловым воздействиям 155
5.4. Переход горения в детонацию 156
5.5. Чувствительность ВВ к средствам инициирования 157

6. Токсичность взрывчатых материалов с компонентами из утилизированных боеприпасов 161
6.1. Классификация взрывчатых материалов 161
6.2. Токсичность инициирующих ВВ, их компонентов и продуктов взрыва 164
6.3. Токсичность бризантных ВВ и их компонентов 170
6.4. Токсичность порохов 180
6.5. Токсичность пиротехнических составов 182
6.6. Токсичность продуктов взрыва 183
6.7. Способы снижения токсичности компонентов ВВ и продуктов взрыва 198
6.8. Система технической и экологической безопасности при расснаряжении и утилизации боеприпасов 210

7. Опыт производства взрывных работ с использованием утилизированных взрывчатых материалов 216
7.1. Отбойка горных пород 216
7.2. Контурное взрывание 234
7.3. Создание профильных выемок 237
7.4. Взрывные работы под водой 242
7.5. Взрывные работы при сейсморазведке 246

8. Безопасность хранения и применения взрывчатых материалов . . 247
8.1. Условия безопасности хранения 247
8.2. Определение размеров опасных зон 263

9. Технико-экономическая эффективность и перспективы применения утилизированных ВВ на взрывных работах 291
9.1. Методика расчета экономической эффективности применения ВМ 291
9.2. Перспективы применения элементов утилизированных боеприпасов для изготовления промышленных ВМ 312

УЧЕБНОЕ ИЗДАНИЕ

Щукин Юлий Григорьевич
Кутузов Борис Николаевич
Мацеевич Бронислав Вячеславович
Татищев Юрий Александрович

ПРОМЫШЛЕННЫЕ ВЗРЫВЧАТЫЕ ВЕЩЕСТВА НА ОСНОВЕ УТИЛИЗИРОВАННЫХ БОЕПРИПАСОВ

Заведующий редакцией *Л.С. Дмитриева*
Редакторы издательства *Н.В. Венгерцева, Т.П. Мыскина*
Обложка художника *В. Смирнова*
Художественный редактор *Н.П. Новикова*
Технический редактор *Л.Н. Фомина*
Корректоры *Л.Н. Пантелеева, Е.И. Микрякова*
Оператор *И.В. Севалкина*

Изд. лиц. № 010145 от 24.12.92. Подписано в печать 8.12.97. Формат 60×88 1/16. Гарнитура "Балтика". Печать офсетная. Усл. печ. л. 19,6. Уч.-изд. л. 20,68. Тираж 1 000 экз. Заказ 628 /4548-3.

ОАО "Издательство "Недра"
125047 Москва, Тверская застава, 3

Типография ОАО "Внешторгиздат"
127576 Москва, ул. Илимская, 7